Membre de l'Institut
Hommage respectueux
Y. Delage

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DU

Docteur Yves DELAGE

PROFESSEUR DE ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE COMPARÉES
A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS



IMPRIMERIE FIRMIN-DIDOT ET Cie

56, RUE JACOB, PARIS

TITRES ET GRADES UNIVERSITAIRES

GRADES UNIVERSITAIRES.

Docteur en médecine de la Faculté de Paris, 1880.
Docteur ès-sciences naturelles de la Faculté de Paris, 1881.

FONCTIONS DANS L'ENSEIGNEMENT.

Aspirant répétiteur au Lycée de la Rochelle, 1874.
Préparateur de zoologie (Hautes-Études), 1878.
Chargé de conférences de zoologie à la Sorbonne, 1880.
Préparateur à la Faculté des sciences de Paris, 1881.
Maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, 1882.

Chargé de cours à la Faculté des sciences de Caen et directeur de la station zoologique de Luc-sur-Mer, 1883.

Professeur titulaire du même cours et directeur titulaire de la station, 1884.

Chargé du cours de Zoologie, Anatomie et Physiologie comparées à la Faculté des sciences de Paris, 1885.

Professeur titulaire du même cours, 1886.

Directeur adjoint du laboratoire de recherches de zoologie expérimentale, 1889.

Membre du Conseil d'Administration du Musée pédagogique.

DISTINCTIONS HONORIFIQUES.

Officier d'Académie, 1883.
Officier de l'Instruction publique, 1889.
Chevalier de la Légion d'honneur, 1894.

RÉCOMPENSES SCIENTIFIQUES.

Lauréat de l'Institut. Grand prix des sciences physiques, 1881.
Lauréat de la société d'Anthropologie de Paris, prix Broca (partagé), 1898.

SOCIÉTÉS SAVANTES.

Membre correspondant de l'Institut genevois. Section des sciences naturelles et mathématiques, 1885.
Membre effectif de la Société impériale des Naturalistes de Moscou, 1886.
Membre de l'Académie impériale de Médecine de St-Pétersbourg, 1899.
Président de la Société zoologique de France, 1900.

LISTE CHRONOLOGIQUE

DES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

1. Sur l'origine des éléments figurés du sang chez les Vertébrés.
Thèse de Doctorat en médecine.
8°, 100 p., Paris. 1880

2. Contribution à l'étude de l'appareil circulatoire des Crustacés Édriophthalmes marins.
Thèse de Doctorat ès-sciences naturelles.
8°, 176 p., 12 pl. en couleur. 1881

(Arch. de Zool. exp. et gén., vol. IX.)

Ouvrage couronné par l'Académie des sciences. Grand prix des sciences physiques.
Précédé de deux notes préliminaires sur le même sujet :

2 *bis*. Sur l'appareil circulatoire des Crustacés Isopodes.

(C. R. Ac. sc., séance du 10 janv. 1881.)

2 *ter*. Sur l'appareil circulatoire des Édriophthalmes

(*Ibid.*, séance du 31 janv. 1881.)

et suivi de 2 notes de simple polémique :

2 *quater*. Réponse à M. Giard.

(Rev. biol. du Nord de la France, 2 nov. 1889.)

2 *quinter*. Réponse à M. Aimé Schneider.

(*Ibid.*, n° du 8 mai 1892.)

3. Les Mollusques d'après Aristote. En collab. avec N.-Ch. Apostolidès.
Extrait du *De partibus animalium* et du *De animalium Historia*.
8°, 16 p. 1881

(Arch. Zool. exp. et gén., vol. IX.)

4. Les Vertébrés.
Conférences faites à la Sorbonne en 1881-1882, rédigées par un groupe d'élèves.
4°, 99 p., autogr. 1882

5. Circulation et respiration chez les Crustacés Schizopodes (*Mysis*).
8°, 26 p., 1 pl. sur cuivre en 3 couleurs. 1883
(Arch. zool. exp. et gén., 2e sér., vol. IX.)
Précédé d'une note préliminaire sur le même sujet :

5 *bis*. Note sur les organes de la circulation et de la respiration chez les Crustacés Schizopodes, 6 p.
(Bull. Soc. Linn. Norm., sér. 3, vol. VII, 1882-1883.)

5 *ter*, 5 *quater*. Sur l'appareil circulatoire des Crustacés Schizopodes.
(Zool. Anz., Jahrg. VIII, nos des 28 mars et 31 août.)
Revendication de priorité contre le Dr Claus.

6. Sur l'abondance du Chætoptère sur les côtes de Normandie. . .
8°, 1 p. 1884
(Soc. Linn. Norm.)

7. Évolution de la Sacculine (*Sacculina Carcini*, Thomps.), Crustacé endoparasite de l'ordre nouveau des Kentrogonides.
8°, 320 p., 9 pl. sur cuivre, dont 2 en couleur. 1884
(Arch. zool. exp. et gén., sér. 2, vol. II.)
Précédé de trois notes sur le même sujet :

7 *bis*. Sur l'anatomie et la physiologie de la Sacculine à l'état adulte.
(C. R. Ac. sc., vol. XCVII, 29 oct. 1883.)

7 *ter*. Sur la Sacculine interne, nouveau stade du développement de la *Sacculina Carcini*.
(*Ibid.*, 5 nov. 1883.)

7 *quater*. Sur l'embryogénie de la *Sacculina Carcini*, Crustacé endoparasite de l'ordre nouveau des Kentrogonides.
(*Ibid.*, 19 nov. 1883.)

8. Sur une curieuse observation de feu Saint-Elme faite à Langrune le 13 janvier 1885.
8°, 1 p. 1885
(Bull. soc. Linn. Norm., séance du 2 mars.)

9. Sur le système nerveux et sur quelques autres points de l'organisation du *Peltogaster* (Rathke).

Contribution à l'étude des Kentrogonides.
8°, 20 p., 1 pl. sur cuivre, en couleurs. 1886
(Arch. zool. exp. et gén., sér. 2, vol. IV.)

Précédé d'une note sur le même sujet :

9 *bis*. De l'existence d'un système nerveux chez le Peltogaster. Contribution à l'histoire des Kentrogonides.
(C. R. Ac. sc., vol. C, 14 avril 1885.)

10. Études histologiques sur les Planaires rhabdocèles acèles (*Convoluta Schulzei*, O. Schmidt).
8°, 52 p., 2 pl. sur cuivre, en couleurs. 1886
(Arch. zool. exp. et gén., sér. 2, vol. IV.)

Précédé d'une note sur le même sujet :

10 *bis*. De l'existence d'un système nerveux chez les Planaires acèles et d'un organe des sens nouveaux chez les *Convoluta Schulzei* (O. Schmidt).
(C. R. Ac. sc., 20 juillet 1885.)

11. Compresseur nouveau à pression régulière et à retournement.
8°, 3 p., 2 fig. 1886
(Arch. zool. exp. et gén., sér. 2, vol. IV.)

12. Histoire du *Balænoptera musculus* échoué sur la plage de Langrune le 13 janvier 1885.
8°, 152 p., 21 pl. doubles, dont 4 en couleurs. 1886
(Arch. zool. exp. et gen., sér. 2, vol. III *bis* suppl.)

Précédé d'une note préliminaire :

12 *bis*. Structure et accroissement des fanons du Baleinoptère.
(C. R. Ac. sc., 6 juill. 1885.)

13. Sur les relations zoologiques du Congre et du Leptocéphale.
4°, 2 p 1886
(C. R. Ac. sc., séance du 18 oct.)

14. Études expérimentales sur les illusions statiques et dynamiques de direction pour servir à déterminer les fonctions des canaux demi-circulaires de l'oreille interne.
8°, 90 p. 1886
(Arch. zool. exp. et gén., sér. 2, vol. IV.)

Ce travail a été traduit en allemand par Aubert, professeur de physiologie à l'Université de Rostock, sous le titre : *Physiologische Studien über die Orientirung, unter Zugrundelegung von Yves Delage...* avec addition d'une préface, de notes, de dessins dont j'ai fourni les croquis et d'un curieux chapitre de 7 pages de Purkinje, oublié et peu connu, sur le vertige qui porte son nom.

Il a été précédé d'une communication préliminaire

14 *bis.* Sur la fonction des canaux demi-circulaires de l'oreille interne
(C. R. Ac. sc., 26 oct. 1886.)
et suivi d'un article de Revue sur le même sujet :

14 *ter.* Sur la fonction non auditive de l'oreille interne.
(Rev. scient. du 16 nov. 1889.)

15. Sur une fonction nouvelle des Otocystes comme organes d'orientation locomotrice.
8°, 26 p. 1887
(Arch. zool. exp., sér. 2, vol. V.)
Précédé d'une communication préliminaire :

15 *bis.* Les otocystes comme organes d'orientation locomotrice chez les Invertébrés.
(C. R. Ac. sc., 2 oct. 1888.)

16. Études anatomiques et zoologiques sur les Cynthiadées. 1. La glande pylorique; 2. Les caractères anatomiques et la classification.
En collab. avec M. le prof. H. de Lacaze-Duthiers.
8°, 16 p., 1 pl. sur cuivre. 1889
(Arch. de zool. exp., sér. 2, vol. VII.)

17. Sur le mode d'action de la lymphe de Koch.
4° 1, p. 1890
(Rev. gén. sc. pures et appl., vol. I, p. 797.)

18. Essai sur la théorie du rêve.
4°, 9 p. 1891
(Rev. sc., vol. XLVIII, p. 40.)

19. Les méridiens de l'œil et les jugements sur la direction des objets.
4°, 7 p., 3 fig. 1892
(Rev. gén. sc. pures et appl., vol. III, p. 114-120.)

20. Sur quelques perfectionnements nouveaux apportés à la partie mécanique du microscope.
8°, 10 p., 3 fig. 1892
(Arch. zool. exp., sér. 2, vol. X.)

21. Cynthiadées des côtes de France.
4°, 323 p., 20 pl. en chromolith. à 12 couleurs. 1892
En collab. avec M. le prof. H. de Lacaze-Duthiers.
(Mém. de l'Acad. des sciences, vol. XLV. Le volume complet n'a été distribué qu'en 1899.)
Précédé d'une note préliminaire :

21 *bis.* Les Cynthiadées des côtes de France. Type *Cynthia morus.*
En collab. avec M. le prof. H. de Lacaze-Duthiers.
(C. R. Ac. sc., 19 nov. 1885.)

22. Embryogénie des Éponges. Développement postlarvaire des Éponges siliceuses et fibreuses marines et d'eau douce.
8°, 154 p., 8 pl. doubles en couleurs. 1892
(Arch. zool. exp., sér. 2, vol. X.)

Précédé de deux notes sur le même sujet :

22 *bis*. Sur le développement des Éponges siliceuses et l'homologation des feuillets chez les Spongiaires.
(C. R. Ac. sc., vol. CX, 24 mars 1890.)

22 *ter*. Sur le développement des Éponges (*Spongilla fluviatilis*).
(*Ibid.*, vol. CXIII, 3 août 1891.)

Et suivi d'une note de revendication de priorité.

22 *quater*. Note additionnelle sur l'embryogénie des Éponges.
4 p. 1893
(Arch. zool. exp., sér. 3, vol. I.)

23. Sur la grandeur subjective des images monoculaires et binoculaires dans la loupe, avec une discussion raisonnée de l'emploi de la loupe à l'usage des naturalistes.
8°, 8 p., 2 fig. 1893
(Arch. zool. exp., sér. 3, vol. I.)

24. La nouvelle théorie de l'Hérédité de Weismann.
8°, 29 p. 1893
(Rev. philos., vol. XVIII, p. 561.)

25. Une science nouvelle : la Biomécanique.
4°, 6 p. 1895
(Rev. des sc. pures et appl., vol. VI, p. 442.)

26. La structure du protoplasma, les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la Biologie générale.
8°, XVI + 878 p., 40 fig. 1895
(Paris, Reinwald et Cie.)

Traduction en Russe sous les auspices du professeur Nicolas Wagner de l'université de St-Pétersbourg. (Sous presse.)
Traduction abrégée en polonais par Dr W. Szczawinska.

27. La conception polyzoïque des êtres.
4°, 13 p., 13 fig. 1896
(Rev. scient., sér. 4, vol. V, p. 641.)

28. La question du polyzoïsme et la définition de l'individu.
4°, 1 p. 1896
(*Ibid.*, p. 795.)

29. L'Année biologique.

Comptes rendus annuels des travaux de Biologie générale, publiés avec la collaboration d'un comité de rédacteurs.

(8°, Paris, Schleicher frères.)

1er volume. Année 1895, XLVII + 732 pages 1897
2e volume. Année 1896, XXXV + 808 pages 1898
3e volume. Année 1897, XXXV + 842 pages 1899
4e volume. Année 1898. (Sous presse.)

30. Traité de zoologie concrète.

Publié en collab. avec M. E. Hérouard, maître de Conférences à la Faculté des sciences.

(8°, Paris, Schleicher frères.)

Vol. 1. La cellule et les Protozoaires, XXX + 584 p., 870 fig. dont beaucoup en plusieurs couleurs. 1896
Vol. 5. Les Vermidiens, XII + 372 p., 523 fig. et 46 pl. en couleurs. . 1897
Vol. 8. Les Procordés, VIII + 379 p., 275 fig. et 54 pl. en couleurs. . 1898
Vol. 2. 1re partie. Mésozoaires et Spongiaires, X + 244 p., 274 fig. et 15 pl. en couleurs. 1899
Vol. 2. 2e partie. Les Cœlentérés, un très fort vol. (Sous presse.). .
Cet ouvrage comprendra 9 vol. dont plusieurs dédoublés et embrassera toute la zoologie.

31. Sur la place des Spongiaires dans la classification.
4°, 3 p. 1898

(C. R. Acad. sc., vol. CXXVI, n° 7.)

Suivi d'une note de polémique sur le sujet précédent :

31 *bis*. Les larves des Spongiaires et l'homologation des feuillets.

(*Ibid.*, n° 10, séance du 14 mars 1898.)

32. On Sponges.
8°, 6 p. 1898

Communication faite en anglais au 3e Congrès international de zoologie tenu à Cambridge.

33. L'état actuel de la Biologie et de l'Industrie des Éponges. 1re partie : Structure, mode de vie et développement.
4°, 19 p., 36 fig. 1898

34. Études sur la Mérogonie.
8°, 35 p., 11 fig. 1899

(Arch. zool. exp., sér. 3, vol. VII, p. 383.)

Précédé de 2 notes sur le même sujet :

34 *bis*. Embryons sans noyau maternel.

(C. R. Ac. sc., séance du 10 oct. 1898.)

54 *ter*. La fécondation mérogonique et ses résultats.
(*Ibid.*, séance du 23 oct. 1899, et C. R. Soc. nat. Agric., séance du 25 oct. 1899.)

55. Sur l'interprétation de la fécondation mérogonique et sur une théorie nouvelle de la fécondation normale.
8°, 17 pages. 1899
(Arch. zool. exp., sér. 3, vol. VII, p. 511.)

56. Développement d'une Éponge siliceuse.
(In-12, 15 p., 16 fig. en partie coloriées. Article pour le Traité de Zoologie descriptive publié sous la direction du Dr L. Boutan). . 1900

57. Le Peltogaster interne et la fixation des Cypris de Sacculine.
(Bull. soc. zool. France, séance du 27 mars 8°, 2 p.). 1900

58. La fécondation chez les animaux.
En collab. avec le Dr A. Labbé. (Sous presse.)

INTRODUCTION

Il me semble qu'une notice de ce genre ne doit pas être un simple compte rendu de travaux. L'analyse impersonnelle, où l'on ne tient compte que des faits et des résultats sans s'occuper de l'homme qui les présente, convient aux journaux scientifiques qui ont pour programme de renseigner leurs lecteurs et de les tenir au courant de ce qui a été fait. Une Académie appelée à comparer les candidats qui se proposent à son choix a le droit de leur demander où ils viennent et ce qu'ils sont, quelle idée a présidé au choix de leurs sujets de recherches, quelle a été leur pensée directrice et de quelle manière ils l'ont suivie : quelle a été, en un mot, leur évolution scientifique. Car, de même que l'étude du développement est nécessaire au naturaliste pour comprendre pleinement l'organisme qu'il considère, de même la connaissance de l'évolution scientifique d'un homme peut seule permettre à ses juges de le connaître complètement et de prévoir dans quelle mesure il sera capable de tenir ses promesses pour l'avenir.

M'inspirant de ces idées, je diviserai cette notice en deux parties.

Dans l'une, sans insister sur les travaux secondaires, je résumerai à grands traits les œuvres principales, en m'attachant à mettre en lumière l'idée directrice et en supprimant tous les détails qui pourraient l'obscurcir. Pour que cette partie soit, comme je l'indiquais, une sorte d'embryogénie scientifique, je suivrai, comme dans toute embryogénie, l'ordre rigoureusement chronologique et j'y introduirai, à leur place, les renseignements qui constituent le *curriculum vitæ*.

L'autre sera documentaire et consistera en une analyse pure et simple des travaux successifs.

Il va de soi que la *partie documentaire* (pag. 75 à 224) s'adresse plus spécialement aux zoologistes, tandis que l'autre sera présentée de manière à ce que la lecture n'en soit pas trop laborieuse pour les personnes qui n'ont pas eu le temps de suivre les progrès des sciences naturelles. Il leur sera facile de se reporter à la partie documentaire quand elles voudront asseoir leur jugement sur des données plus précises, soit pour l'ensemble, soit pour quelque point particulier.

C'est par la *partie générale* que je commencerai (1) (pag. 3 à 68, suivie d'un *Résumé* pag. 68 à 74).

(1) Voir au sujet des planches la note de la page 224.

PARTIE GÉNÉRALE

Je n'ai pas abordé l'étude des sciences naturelles dès le début de ma vie d'étudiant. Après mes deux baccalauréats, ès-sciences complet d'abord, ès-lettres ensuite, je vins à Paris en 1873 pour y faire des études médicales. Après avoir passé le deuxième examen de fin d'année, je fus obligé, pour des raisons qui n'intéressent pas le lecteur, de cesser brusquement ces études et, pour trouver une solution immédiate, si médiocre qu'elle fût, à certaines difficultés, j'entrai comme aspirant répétiteur au lycée de la Rochelle. Là, pendant les quelques mois que je restai dans ces fonctions, je cherchai à étudier en vue de la licence ès-sciences mathématiques, mais le peu de loisirs que me laissait un service extrêmement chargé ne me permit pas de pousser ces études aussi loin que je l'aurais désiré. En 1875, les circonstances auxquelles je faisais allusion ayant pris fin, je pus enfin revenir à Paris poursuivre mes études médicales que je poussai jusqu'au bout sans interruption nouvelle.

Après mon dernier examen de fin d'année, ayant étudié avec quelque assiduité, je me trouvai en possession des matières du premier examen de doctorat, sans avoir le droit de passer cet examen avant d'avoir les 16 inscriptions exigées, c'est-à-dire avant un an. Ne sachant à quoi employer ce long intervalle, je fréquentai au hasard nos grands établissements d'enseignement supérieur, le Muséum, le Collège de France, la Sorbonne et c'est là, finalement, que je fus retenu par les leçons si passionnantes et si suggestives de celui qui devait devenir mon maître, M. le professeur H. de Lacaze-Duthiers. J'allai le voir, je fus admis dans son laboratoire et, sur ses conseils, je menai de front la continuation de mes études médicales, la poursuite du diplôme de licencié ès-sciences naturelles et même, pendant les vacances, au laboratoire de Roscoff, la recherche et la dissection des Crus-

tacés qui devaient, un peu plus tard, me fournir le sujet d'une thèse de doctorat ès-sciences naturelles.

En 1878, j'obtins le diplôme de licencié et fus nommé aussitôt Préparateur au laboratoire de Roscoff (Hautes Études). En 1880, je passai ma thèse de doctorat en médecine.

Le travail présenté pour obtenir ce grade est intitulé :

De l'origine des éléments figurés du sang chez les Vertébrés

(8°, 100 pag., 1880).

C'est un exposé de l'état de la question contenant l'analyse de tous les travaux publiés sur ce sujet jusqu'en 1880, groupés méthodiquement sous un certain nombre de chefs, auxquels correspondent autant de théories. Dans des questions aussi embrouillées, de pareilles mises au point, lorsqu'elles sont faites consciencieusement, ont leur utilité en facilitant les recherches et évitant la publication de ces notes hâtives qui ne sont souvent que des redites.

On devine qu'ayant orienté ma vie vers les sciences naturelles, j'ai dû abandonner la médecine en tant que carrière. Mais il m'eût été pénible de perdre tout le fruit de tant de temps et de travail consacré à mes études médicales. J'ai donc tenu à me tenir au courant des progrès de cette science par la lecture des journaux et des principaux ouvrages, et j'ai été heureux de trouver à Roscoff une occasion de m'exercer dans une certaine mesure à la pratique de l'art médical, en donnant des soins à une population de pêcheurs, sympathique et misérable, privée de médecins et qui n'aurait pu les rémunérer si elle en avait eu.

Dès l'année suivante, en 1881, je publiai ma thèse de doctorat ès-sciences naturelles sur l'

Appareil circulatoire des Crustacés Édriophthalmes marins

(1881, 176 pages, 12 planches en couleur).

Les organes de la circulation étaient fort mal connus chez ces êtres, en raison de leur petite taille, qui rend leur injection difficile, et de l'opacité de leur carapace qui, sauf dans quelques cas, ne permet pas l'observation

directe des courants sanguins. J'ai montré par l'étude de 15 types différents qu'il y avait chez eux de véritables vaisseaux, parfois très nombreux et très ramifiés, des sinus veineux endigués, et certaines dispositions qui se présentent avec une constance telle qu'elle devient pour eux un caractère général. C'est le cas pour un anneau vasculaire que forme l'aorte autour du pharynx.

La difficulté était de nature principalement technique. Ces animaux sont en effet, en raison de la petitesse de leur taille, difficilement injectables et quelques-uns sont même à la limite de ce qui peut être injecté, les Caprelles par exemple, pas plus grosses qu'un fil et dont le cœur ne peut être pénétré que par les canules les plus fines que l'on puisse étirer sur un tube de verre et où le liquide ne passe que sous une pression assez considérable. Ce travail a obtenu de l'Académie des sciences *le grand prix des sciences physiques*. L'existence de l'anneau péripharyngien a été généralisée et étendue aux Crustacés podophthalmes par M. le Dr Bouvier. Les résultats sont pour la plupart devenus classiques et les principales figures ont été reproduites dans les ouvrages généraux en France et à l'étranger. On trouvera à la fin de cette notice quelques planches qui pourront donner une idée du travail (1).

Après avoir acquis le grade de Docteur, je fus nommé Préparateur à la Sorbonne; et, l'année suivante, en 1882, Maître de conférences de zoologie. Déjà depuis deux ans je remplaçais dans ces dernières fouctions le titulaire malade. Ces conférences furent autographiées par un groupe d'élèves, sous le titre :

Les Vertébrés

(4°, 99 pag., 1882,).

Après ma thèse et, pendant plus de trois ans, de 1881 à 1884, je me consacrai tout entier à l'étude d'une forme animale parasite, extrêmement curieuse et problématique, la *Sacculine*, dont l'étude anatomique était fort incomplète et l'évolution entièrement inconnue. Pendant tout ce temps je passai à Roscoff la plus grande partie de l'année, à Paris je continuai l'étude des matériaux recueillis, et je n'achevai le travail qu'à Caen, où j'avais été nommé dans l'intervalle, en 1884, Chargé de cours à la Faculté

(1) Voir au sujet de ces planches l'observation de la page 224.

et Directeur de la station zoologique de Luc-sur-Mer. Le résultat de ces recherches a paru en 1884 sous le titre :

Évolution de la Sacculine, Crustacé endoparasite de l'ordre nouveau des Kentrogonides

(8°, 320 pages, 9 planches sur cuivre en partie coloriées, 1884).

L'idée de ce travail m'a été donnée par mon savant maître, M. de Lacaze-Duthiers, qui avait bien deviné à la fois les grandes difficultés que présenterait cette étude et l'intérêt des résultats auxquels elle pourrait conduire.

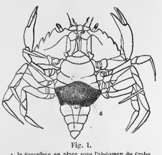


Fig. 1.
s, la Sacculine en place sous l'abdomen du Crabe.

La *Sacculine* est un Crustacé inférieur parasite d'un Crustacé supérieur, le Crabe vulgaire. On comprendra son importance quand on saura qu'elle constitue presque à elle seule un sous-ordre de la classe des Crustacés. A mon avis elle doit même former un ordre.

Elle se présente sous l'aspect d'une masse, grosse comme la phalangette du doigt, molle et jaune comme du beurre frais, fixée par un étroit pédicule sous l'abdomen de sa victime (fig. 1).

De ce pédicule, qui perfore la paroi abdominale, partent des racines qui se ramifient dans tout son corps, jusqu'au bout des pattes, jusqu'aux yeux, et qui servent à pomper dans le sang de l'hôte les sucs dont a besoin la Sacculine pour se nourrir et faire face aux frais d'une reproduction très active.

La partie extérieure du parasite se compose exclusivement (fig. 2) d'une masse génitale comprenant deux ovaires et deux testicules, le tout enveloppé dans un repli cutané appelé le manteau. Il n'a ni tube digestif, ni bouche, ni anus, ni appareil circulatoire, ni membres quels qu'ils soient, ni organes sensitifs, et l'on affirmait même qu'il n'avait pas de système nerveux. C'est le dernier degré de la déchéance organique à laquelle peut conduire le parasitisme.

J'ai commencé par l'étude de l'adulte et fait connaître la structure microscopique des racines et de leurs appareils terminaux, celle de l'ovaire et du testicule, celle de la paroi du corps, du système musculaire, celle de certaines glandes chitinogènes qui fournissent la membrane servant à envelopper la ponte, le mode de fonctionnement de cette glande, au sujet duquel se posait une question embarrassante non seulement pour la Sacculine, mais pour la plupart des Crustacés inférieurs, et qui s'est trouvée résolue pour tous à la fois; enfin, j'ai découvert le système nerveux. Je dois dire que je le cherchais avec confiance, n'admettant pas qu'un animal pût avoir des fibres musculaires sans système nerveux pour les mettre en action. Mais il était fort malaisé à trouver, réduit comme il l'est à un minuscule ganglion perdu au milieu de la masse énorme de l'ovaire, sur laquelle il ne tranche ni par sa consistance ni par sa couleur. J'ai pu le mettre en évidence et par la dessiccation fine et par les coupes.

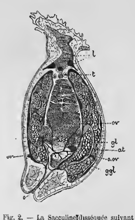


Fig. 2. — La Sacculine disséquée suivant un plan sagittal.

at, atrium; *cv*, cavité palléale; *ggl*, ganglion nerveux et nerfs qui en partent; *gl*, glande chitinogène; *l*, lacunes sanguines; *ov*, ovaire; *o.ov*, œufs pondus dans la cavité palléale; *t*, testicule.

Mais l'intérêt principal de l'étude de la Sacculine n'est pas la structure de l'adulte, c'est l'évolution. On connaissait ses larves et on savait qu'elles se présentent sous l'aspect de petits êtres très agiles, munis de trois paires de membres, et appelés *Nauplius* (fig. 3). On avait même vu ces Nauplius se transformer, à la suite de mues, en une deuxième forme larvaire, appelée *Cypris* (fig. 4), et la comparaison de ces larves avec celle des autres Crustacés avait permis de reconnaître l'étroite parenté de la Sacculine avec certains Crustacés inférieurs, fixés mais non parasites et beaucoup moins déformés, les Cirripèdes, représentés dans toutes les mers par deux formes bien connues, les *Balanes* qui, sur nos plages granitiques, hérissent les rochers de leurs coquilles pointues, et les *Anatifes* attachés par un long pédoncule aux épaves flottantes. Ces Balanes et ces Anatifes, dont l'organisation et le développement sont aujourd'hui bien connus, ont le corps

protégé par une coquille multivalve qui les faisait classer autrefois parmi les Mollusques et sont fixés à leur support par la nuque; et c'est cette nuque extraordinairement allongée qui forme le pédoncule des Anatifes, où se sont réfugiés divers organes tels que l'ovaire, dont le siège normal est bien loin de là. Tout cela ne fait point de doute, car on a vu les larves de ces Balanes et de ces Anatifes se fixer ainsi par la nuque et se transformer peu à peu en le Cirripède adulte tel qu'on le connaît et qui, lui, a conservé ses membres, son appareil digestif, ses organes des sens, en un mot une organisation

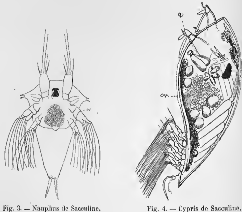


Fig. 3. — Nauplius de Sacculine. *ov*, masse de cellules germinales.

Fig. 4. — Cypris de Sacculine. *a*, antennes; *ov*, cellules germinales; *y*, œil.

un peu modifiée par une si singulière fixation, mais où se retrouvent tous les organes que présentent les Crustacés libres.

Chez la Sacculine, je l'ai dit, le développement entre la larve libre et l'adulte était absolument inconnu, mais on pouvait se croire autorisé à le décrire par induction. La Cypris de la Sacculine se fixerait sous l'abdomen du Crabe par la nuque, en détruirait la paroi par usure, pousserait, au contact des sucs nourriciers de l'hôte, des prolongements ramifiés, ses racines, qui se répandraient dans tout le corps de celui-ci et, trouvant ainsi une nourriture tout élaborée, perdrait son appareil digestif et ses membres devenus inutiles, pour ne garder que les organes nécessaires à

la reproduction. On a même, dans un certain Cirripède, la *Coronule*, un être que l'on pourrait considérer comme une forme de passage, car il se fixe et s'incruste dans la peau des Baleines, sans y développer, il est vrai, de suçoirs.

Un naturaliste avait même affirmé avoir vu la fixation et avait précisé le moment où elle se faisait : celui de l'accouplement, où les Crabes sont obligés, pour l'exercice de cette fonction, de soulever leur abdomen, ordinairement plaqué contre le thorax.

Pour vérifier ces inductions et ces prétendues observations, j'ai naturellement cherché des Sacculines de plus en plus petites et suis arrivé à cette conclusion, qu'il n'existe pas, sous l'abdomen des Crabes, de Sacculine mesurant moins de 2 millimètres de long, et ces Sacculines de 2 millimètres sont déjà entièrement constituées comme l'adulte. Or ces petites Sacculines ne peuvent être venues là sous cet état, puisqu'elles sont incapables de locomotion; et d'autre part elles sont déjà des milliers de fois plus grosses que la larve Cypris dont elles proviennent et tout autrement conformées. Et cependant, puisqu'il y a forcément des stades intermédiaires, comment se fait-il qu'aucun Crabe ne nous les montre?

Je suis resté longtemps aux prises avec cette difficulté et ne sais rien de plus pénible pour la pensée que cette constatation d'une chose qui, logiquement, semble impossible.

J'eus enfin l'idée de chercher au dedans du Crabe ce que je ne trouvais pas au dehors, pensant que la Sacculine était peut-être au début un parasite interne, qui ne se montrait à l'extérieur qu'après avoir subi à l'intérieur du Crabe toute une évolution, en perforant la paroi de l'abdomen de dedans en dehors, pour mettre en relation avec l'extérieur ses organes génitaux, condition nécessaire pour la reproduction, et ne laissant au dedans que ses suçoirs ramifiés.

L'observation a entièrement vérifié cette idée. Il pourra même paraître singulier qu'elle ne me soit pas venue plus tôt, mais il faut songer que j'étais ramené à l'idée de chercher à la surface externe de l'abdomen du Crabe par l'observation publiée par le naturaliste auquel je faisais allusion et qui assurait avoir constaté la fixation de la larve à cette place même, à l'extérieur.

Après avoir trouvé la Sacculine interne, je l'étudiai et décrivis toute son évolution embryogénique, la formation de tous ses organes, y compris le système nerveux, aux dépens de leurs rudiments cellulaires. Mais cela ne donna pas la solution complète du problème. Car les plus petites Saccu-

lines internes que je pusse trouver, bien qu'elles fussent, il est vrai, guère plus grandes que les larves Cypris dont elles devaient forcément provenir, et de structure tout à fait embryonnaire, étaient cependant déjà entièrement dépourvues de membres et de tout moyen de locomotion, invariablement fixées à l'hôte par leurs suçoirs ramifiés et sans aucune ressemblance avec les Cypris (fig. 5).

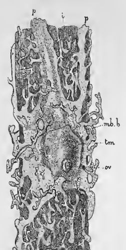


Fig. 5. — La Sacculine interne en place sur l'intestin du Crabe.

i, intestin du Crabe; *mb.b*, membrane d'ou partent les tubes suçoirs *p* de la jeune Sacculine ; *ov*, rudiment de la masse viscérale contenue dans une masse parenchymateuse *tm*.

La difficulté n'était que reculée.

Remarquons en passant que les Crabes sur lesquels se trouvent ces jeunes Sacculines internes sont eux-mêmes tout à fait jeunes, n'ont point d'organes génitaux développés et ne songeront que bien plus tard à s'accoupler, ce qui achève de démontrer l'inexactitude de l'opinion qui place la fixation de la Cypris au moment où les Crabes s'accouplent.

Pendant de longs mois je scrutai dans toutes ses parties le corps des jeunes Crabes; je cherchai dans leur estomac, dans leur intestin, dans leurs branchies, dans leur cavité viscérale, des traces de Cypris sans en trouver aucune. Je soumis aux mêmes investigations la larve *Zoé* des Crabes, sans meilleur résultat.

En désespoir de cause, je me résignai à prendre le problème par l'autre bout et à chercher à obtenir expérimentalement les fixations de la Cypris sur son hôte.

Il est aisé d'obtenir des Nauplius et même de les voir se transformer en Cypris. Mais il faut des soins tout particuliers et une étude minutieuse de leurs conditions biologiques pour obtenir des Cypris viables et en état de poursuivre leur développement.

Quand j'eus enfin obtenu des Cypris irréprochables, je les mis en présence des tout jeunes Crabes, m'attendant à les voir se fixer sur eux. Mais à mon grand ennui, je constatai que le petit drame se passait en sens inverse de ce que j'avais espéré. C'étaient les Crabes qui mangeaient les

Cypris et les broyaient si bien entre leurs mandibules qu'il n'y avait dans leur estomac qu'une bouillie alimentaire, excluant toute possibilité d'une auto-infection par le tube digestif. Je mutilai les petits Crabes pour les empêcher de consommer mes Cypris, mais sans obtenir de fixation.

Je ferai grâce au lecteur des tentatives longues et multiples qui m'ont

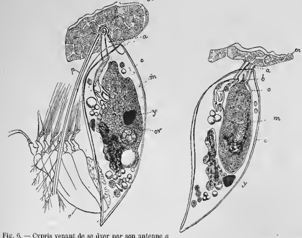


Fig. 6. — Cypris venant de se fixer par son antenne *a* à un poil *p* d'un point de la carapace *cr* du Crabe. *c*, mue de la Cypris; *r*, le paquet de ses membres en train de se détacher; *y*, œil en train d'être éliminé; *m*, son ectoderme; *ov*, masse germinale.

Fig. 7. — La même un peu plus avancée. Mêmes lettres. L'œil, *y*, est complètement éliminé, les membres ont disparu; le dard *b* commence à se former.

permis enfin d'obtenir la fixation et de fixer expérimentalement son déterminisme qui comporte quatre conditions : 1° des Cypris irréprochables; 2° des Crabes tout jeunes, de préférence venant de muer; 3° un intervalle de quatre jours au moins pendant lesquels les Cypris ont accompli diverses mues; 4° l'obscurité.

Dans ces conditions, les Cypris se fixent, et en grand nombre, jusqu'à vingt sur la même victime; et elles se fixent, non pas sous l'abdomen là où sera plus tard la Sacculine, mais partout ailleurs sauf là, toujours à un des

poils chitineux qui sont épars en tous les autres points de la surface du corps.

La Cypris s'accroche au poil avec une antenne (fig. 6) et là, très rapidement, subit des modifications extrêmement considérables. Elle rejette le paquet de ses six paires de pattes avec les énormes masses musculaires char-

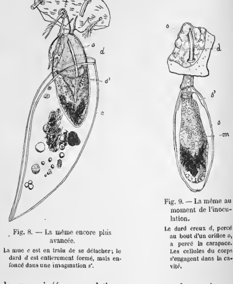


Fig. 8. — La même encore plus avancée.
La mue c est en train de se détacher; le dard d est entièrement formé, mais enfoncé dans une invagination s'.

Fig. 9. — La même au moment de l'inoculation.
Le dard creux d, percé au bout d'un orifice o, a percé la carapace. Les cellules du corps s'engagent dans la cavité.

gées de les mouvoir (énormes relativement, car tout cela est microscopique), élimine son œil, ses réserves alimentaires, tout, en un mot, ce qui constituait son corps, et ne conserve que sa peau (ectoderme, qui ferme les solutions de continuité produites par le rejet des autres organes) et une masse de cellules embryonnaires au moyen desquelles elle formera tous les organes futurs de la Sacculine, peau, membranes, muscles, racines et surtout ovaire et testicule (fig. 6). Arrivée à cet état, elle fabrique à la manière d'une

protubérance cutanée recouverte de chitine (fig. 7), un dard, conformé absolument comme les aiguilles creuses et piquantes des seringues de Pravas qui servent aux injections sous-cutanées ; ce dard s'avance dans la cavité de l'antenne accrochée au poil du Crabe (*d*, fig. 8), et est conduite par elle à la base de ce poil où se trouve une mince membrane articulaire qu'il perfore (fig. 9), et tout ce qui reste du corps de la Cypris, sac ectodermique et cellules embryonnaires, passe par le dard dans le corps du Crabe, où il deviendra la jeune Sacculine interne.

C'est là un processus biologique tout à fait extraordinaire, et inattendu, absolument différent de tout ce qu'on avait supposé pour la Sacculine, ou observé chez d'autres animaux.

Ainsi, les prévisions fondées sur les inductions les plus logiques se trouvent n'avoir rien de commun avec la réalité. Les exemples de ce fait sont nombreux, mais j'aime à citer celui-là pour montrer combien on doit se défier des beaux arbres généalogiques qui ont la prétention de représenter la filiation des formes animales, et où l'on comble au moyen d'inductions logiques les lacunes énormes entre les faits observés. Cette logique à grandes enjambées, qui nous fait tracer entre les étapes un chemin rectiligne, est tout à fait opposée aux procédés employés par la nature qui, au contraire, suit presque toujours les voies les plus détournées, les plus compliquées et par conséquent les plus impossibles à prévoir.

Cette embryogénie est aujourd'hui passée dans la science et dans les livres didactiques à l'usage des étudiants. Une seule objection de fond a été faite, par le même naturaliste qui avait décrit la Sacculine comme se développant directement de l'extérieur sous la queue des Crabes où elle se fixerait pendant leur accouplement. Il prétend que ce que j'ai décrit est anormal, pathologique, dû aux conditions expérimentales, artificielles, et que, dans la nature, les choses ne se passent pas ainsi. Je répondrai non par des raisonnements mais par un fait. J'ai, un jour à Roscoff, trouvé *à la grève* un tout jeune Crabe (d'un âge bien inférieur à celui où ces animaux s'accouplent) et portant une Cypris fixée à un poil d'une patte tout comme celles que j'avais obtenues expérimentalement. Je l'ai montré aux personnes présentes au laboratoire, et leur ai dit : Je vais isoler ce Crabe dans une cuvette, sur ma table de travail, et dans quelques semaines il montrera une Sacculine externe. La prévision s'est vérifiée et je puis montrer aujourd'hui le Crabe avec son parasite et la dépouille de la première mue avec ce qui reste de la Cypris fixée.

Système nerveux du Peltogaster

(8°, 20 pag., 1 pl., 1886).

La Sacculine est un animal à peu près isolé dans le règne animal. Il y a cependant un autre être qui appartient au même type, c'est le *Peltogaster* parasite de ces singuliers Crustacés qui abritent leur abdomen mou dans les coquilles des Gastéropodes et que l'on appelle les Bernards l'Hermite. Sans consacrer beaucoup de temps à son étude, je pus par la dissection et la microtomie démontrer chez lui l'existence d'un système nerveux semblable à celui de la Sacculine.

Circulation et respiration des Schizopodes

(8°, 26 pag., 1 pl. en couleurs, 1883).

Entre temps, en 1883, j'avais étendu aux Crustacés Schizopodes mes études sur la circulation des Édriophthalmes et, dans ce petit travail, fait connaître leur appareil circulatoire et montré que la carapace sert chez eux à l'hématose du sang.

On remarquera que depuis 6 années que j'étais entré dans la voie des recherches, tous mes travaux avaient porté sur un seul groupe, les Crustacés. Certes il n'y a guère de ressemblance entre une Sacculine et une Lygie ou une Mysis, mais les unes et les autres sont néanmoins des Crustacés. En étudiant ces êtres j'avais pris note de nombreux problèmes qui eussent été intéressants à résoudre. Mais, en réfléchissant, je compris qu'il pourrait y avoir pour moi quelque danger à me cantonner dans l'étude d'un groupe, une spécialisation trop hâtive risquant de fermer au cerveau l'accès des idées générales et des vues d'ensemble. La spécialisation est admirable, car elle permet d'aller plus profondément, mais à la condition qu'elle soit tardive et ne vienne qu'après des travaux variés qui ont étendu les connaissances et élargi l'esprit. Je pris donc dès ce moment la résolution de faire porter mes recherches sur des points variés du règne animal, de ne point me limiter non plus à l'anatomie animale, où à l'embryogénie, mais de faire aussi des recherches de physiologie, d'histologie, voire même de taxinomie, afin de me créer sur tous ces points des impressions person-

nelles. Je me suis tenu parole et je demande la permission de dire qu'il y a à cela quelque courage, car un travail fait dans une direction donnée permet d'ordinaire de faire rapidement d'autres travaux similaires, pour lesquels on a déjà en mains l'outillage bibliographique et technique. En changeant fréquemment la direction de ses recherches on perd tout l'avantage de ces acquisitions.

C'est pour me conformer à ce plan d'études que, abandonnant les Crustacés, j'entrepris mes

Études histologiques sur les Planaires rhabdocèles acèles

(8°, 52 pag., 2 pl. sur cuivre coloriées, 1886).

Les Rhabdocèles acèles sont, parmi les Vers non dégradés par le parasitisme, ceux dont l'organisation est la plus rudimentaire. Ils n'ont ni appareil circulatoire, ni organes excréteurs; ils ont une bouche mais pas de tube digestif; ils ont des organes des sens et cependant on s'accordait à leur dénier un système nerveux. Dans une vaste monographie des Planaires qui venait d'être publiée en Autriche par le Dr Graff et où tous les organes de ces êtres étaient étudiés avec un soin et un détail extrêmes, cette absence de système nerveux était confirmée. Cependant ces animaux me paraissaient trop différenciés pour devoir leur contractilité aux simples propriétés générales du protoplasma. Je repris donc cette étude et cherchai un système nerveux.

Il ne pouvait être question de trouver ici par la dissection, comme chez la Sacculine ou le Peltogaster, un ganglion massif perdu dans le corps. Ces êtres sont en effet trop petits pour être accessibles à la dissection et assez transparents pour que l'on voie tous leurs organes à la seule inspection sous le microscope. Si certains organes, des nerfs, peut-être, ne sont pas visibles, cela peut tenir à ce qu'ils ont la même couleur et le même indice de réfraction que les tissus ambiants. Le problème se réduit donc à ceci : trouver un réactif qui change cette couleur ou cette réfrangibilité. J'y ai réussi par le chlorure d'or, réactif connu mais qui demandait à être appliqué d'une façon particulière, et par le carmin osmique que j'ai imaginé pour la circonstance.

C'est à cette occasion aussi que j'ai fait construire le *compresseur à retournement* qui porte mon nom.

Le système nerveux mis en évidence par ces procédés n'est pas rudi-

mentaire comme je m'y attendais, mais au contraire très développé, avec un centre cérébral et de nombreux nerfs ramifiés dans tout le corps. Ce système nerveux, en outre, est intéressant en ce qu'il nous montre un stade de l'évolution de ce système dans les formes animales, stade où il est encore uni au tégument externe dont il dérive.



Fig. 10. — *Convoluta* entière, de face, montrant son système nerveux.

Je passe sous silence divers points étudiés à la même occasion, tissu musculaire, Zoochlorelles, Pulsatelles, otocyste, etc., et un *organe frontal* sensitif, probablement à fonctions olfactives que j'ai aussi découvert.

Le Dr Graff a vu mes préparations et admis sans conteste l'existence de ce vaste système nerveux. Il a contesté la nature sensitive de l'organe frontal qu'il considère comme glandulaire; mais un travailleur de mon laboratoire à la Sorbonne, le Dr Georgewich, a démontré le bien fondé de mon interprétation. J'admettrais volontiers qu'il y a là à la fois un organe glandulaire et un appareil olfactif, association très commune dans le règne animal.

Fig. 11. — *Convoluta* en coupe transversale montrant son système nerveux.

Histoire du Baleinoptère

(152 pag., 21 pl. doubles dont 4 coloriées, 1886).

Ici se place un travail sur le *Baleinoptère* dont je ne saurais dire qu'il a été choisi par moi et prémédité, mais qui n'en a pas moins servi mon plan de la façon la plus heureuse, car cela m'a permis une étude qui ne ressemble en rien à celles que j'avais faites antérieurement ou à celles que j'ai faites depuis. Un énorme Baleinoptère de 19 mètres de long vint, au mois de janvier 1885, s'échouer sur la plage, à peu de distance de mon laboratoire de Luc-sur-Mer. Pendant plusieurs semaines, mes élèves et moi, aidés d'une vingtaine d'ouvriers, l'avons disséqué pour profiter de cette aubaine. Les grands Cétacés sont en effet des animaux que l'on a rarement l'occasion d'étudier commodé-

ment. Leur masse, les conditions de leur capture, les difficultés de leur dissection sont telles que leur organisation est encore fort inégalement connue. Malheureusement, les conditions de conservation de celui que j'ai disséqué m'ont obligé à limiter mes recherches à certains organes. J'ai décrit et figuré tout ce que j'ai pu voir, mais voici les points qui me paraissent les plus dignes de retenir l'attention. Sous la gorge et la poitrine est une vaste région où la peau est profondément plissée longitudinalement. Sous cette peau plissée j'ai trouvé un énorme muscle peaussier dont j'ai indiqué le rôle probable dans la physiologie de l'animal. Dans l'appareil génito-urinaire, j'ai montré la situation et les rapports des canaux vecteurs du sperme et j'ai trouvé le long du pénis deux énormes muscles qui servent sans doute à diriger cet organe dans l'accouplement, lequel serait bien malaisé si le mâle était obligé de mouvoir tout son corps pour ajuster son pénis aux voies génitales de la femelle. J'ai montré aussi les rapports et les insertions du muscle dilatateur des évents, la situation vraie des rudiments des bassins. Enfin, j'ai pu faire une étude macroscopique et histologique des fanons.

Le directeur du Musée de Brème m'a écrit qu'il s'occuperait de faire une reconstitution de l'animal d'après les mesures et les représentations photographiques que j'ai publiées.

C'est à ce moment (novembre 1885) que je fus nommé chargé du cours de Zoologie, Anatomie et Physiologie comparées à la Faculté des sciences de Paris. Mon travail sur le Baleinoptère, bien que daté de 1886, époque de sa publication, avait été entièrement terminé pendant que j'étais encore à la Faculté de Caen.

Évolution du Leptocéphale

(4°, 2 pag., 1886).

Tout aussi imprévu et inattendu a été pour moi le court travail où j'ai montré que le *Leptocéphale*, petit Poisson transparent que l'on trouve très rarement à la grève (sans doute parce qu'il habite normalement au-dessous du niveau des marées), n'est que la larve du Congre. C'est le hasard qui m'a mis entre les mains un Leptocéphale et je n'ai eu qu'à l'élever pour le voir se transformer en Congre.

Par contre, c'est bien à dessein et après mûre réflexion que j'ai fait la série de travaux dont je vais maintenant parler.

Le premier a pour titre :

Études expérimentales sur les illusions de direction pour servir à déterminer les fonctions des canaux demi-circulaires de l'oreille interne

(8°, 90 pages, 1886)

et je demande à retenir un peu sur lui l'attention du lecteur.

L'oreille interne de l'homme ou des animaux supérieurs comprend, outre des parties très compliquées destinées à l'audition (le saccule et le limaçon), un organe des plus singuliers. Ce sont trois tubes demi-circulaires,

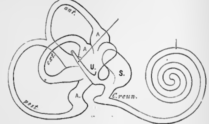


Fig. 12. — Schéma de l'oreille interne de l'homme d'après Gegenbaur et Retzius.

S, saccule; C. *réun.*, canal de réunion; U, utricule où rejettent les trois canaux demi-circulaires; *ant.*, canal vertical antérieur, *post.*, canal vertical postérieur; *ext.*, canal vertical horizontal ou externe.

contenant un liquide, des granulations calcaires et des terminaisons nerveuses, qui se jettent aux deux bouts dans une vésicule commune, l'utricule, et qui, c'est là le point curieux, sont orientés suivant trois plans perpendiculaires correspondant aux trois dimensions de l'espace. Des expériences célèbres de Flourens ont montré que la section de ces canaux provoquait des crises de vertige, analogues à celles de la *maladie de Ménière* où ces canaux sont également altérés. Ces expériences et les travaux ultérieurs de Mach, de Cyon et autres ont donné peu à peu naissance à diverses théories d'après lesquelles les canaux demi-circulaires seraient non pas un simple appareil d'équilibration, mais l'organe de notre sensation des directions dans l'espace, et même le sens de lanotion métaphysique d'espace ! !

La question ne se prêtant guère à l'expérimentation directe, je l'ai attaquée

par un procédé détourné en étudiant les illusions sensitives auxquelles l'organe peut donner lieu.

Cela demande à être expliqué.

Chaque impression sensitive provoque un jugement sur la cause de l'impression, jugement corrigé, développé, précisé, à l'origine, par les autres sens, principalement par le toucher, mais qui devient par l'habitude, instinctif, réflexe, en quelque sorte, et invariablement lié à l'impression correspondante, sans que la discussion intérieure des effets et des causes ait désormais à intervenir. C'est ainsi qu'un homme placé près de nous nous paraît plus petit qu'un peuplier placé au loin, que la surface d'un lac nous semble horizontale, bien que l'impression rétinienne nous montre l'homme plus grand que le peuplier et la rive opposée du lac plus élevée que celle qui est à nos pieds.

Dans les circonstances ordinaires, ces jugements sont justes. Mais si nous plaçons l'organe sensitif dans des conditions anormales telles que l'impression reçue ne soit plus liée à sa cause par les relations habituelles, le jugement instinctif est mis en défaut. *Nous jugeons comme si la cause était celle qui eût provoqué la même impression sensitive dans les conditions normales.* Tout se passe, en un mot, comme si l'organe ignorait qu'il opère dans des conditions anormales et était incapable de la correction nécessaire pour tenir compte de l'anomalie. Telle est l'origine de toutes les illusions sensitives. C'est ainsi qu'en appuyant sur la partie externe du globe oculaire nous faisons apparaître une phosphène qui nous semble interne, parce qu'habitués à redresser instinctivement les images qui se peignent renversées sur la rétine, nous faisons ce redressement même lorsqu'il est fautif.

Cela établi, je suis parti de cette idée que, si deux ou trois organes sont soupçonnés d'être le siège d'un certain ordre de sensations, celui d'entre eux qui, placé dans des conditions anormales, provoquera des illusions, sera aussi le siège des sensations normales de même nature.

Commençons par la notion de direction dans l'espace à l'état de repos.

Placez-vous debout contre un mur, les yeux fermés, tenant des deux mains, bien symétriquement, une longue baguette. Si dans ces conditions on vous demande de diriger la baguette verticalement ou dans la direction horizontale antéro-postérieure, vous le ferez sans erreur sensible. Si au contraire vous détournez fortement la tête, à gauche je suppose, aussitôt l'indication de la baguette devient fautive et ce que vous croyez être la direc-

tion antéro-postérieure est fortement dévié à droite. De même si vous inclinez la tête en avant ou en arrière ou sur l'une ou l'autre épaule, vous provoquez des illusions correspondantes sur l'appréciation des directions. Or, en déviant ou inclinant la tête, que faisons-nous : nous substituons, par rapport aux directions cardinales de l'espace, un canal demi-circulaire à un autre. Il semble donc que l'on puisse conclure que les canaux demi-circulaires sont le siège de notre sentiment des directions.

L'habitude de contrôler le plus possible mes résultats m'a sauvé ici d'une erreur. Je remarquai que, dans ces déviations ou inclinaisons de la tête, les globes oculaires sont déviés aussi, dans le même sens par rapport à l'axe de l'orbite, et cela instinctivement. Je m'appliquai donc à dévier la tête sans dévier les globes oculaires par rapport aux orbites, et constatai qu'immédiatement toute illusion disparaissait. Malgré la déviation de la tête, malgré la substitution d'un canal demi-circulaire à l'autre, les indications de la baguette redeviennent correctes. Au contraire, si, sans dévier la tête et en laissant les canaux dans leurs conditions normales, on dévie fortement les globes oculaires dans leurs orbites, aussitôt les illusions reparaissent.

Donc voici un premier point acquis : *les canaux demi-circulaires ne sont pas le siège de notre appréciation des directions dans l'espace. Les indications correspondantes ont leur siège dans l'appareil musculaire de l'œil* (1).

J'ai démontré de même que ce ne sont pas les canaux demi-circulaires qui nous renseignent sur l'orientation de notre corps dans l'espace lorsque nous sommes allongés obliquement ou couchés. (Voir sur ce point, p. 152 et suiv. de cette notice).

Passons maintenant à l'examen des sensations relatives à la direction des mouvements du corps. Il faut distinguer ici les mouvements de translation et ceux de rotation pour lesquels les phénomènes sont tout différents.

(1) C'est par la connaissance de la direction de notre face lorsque l'œil est maintenu bien dans l'axe de l'orbite par une égale contraction des muscles moteurs du globe oculaire, que nous avons connaissance de la direction antéro-postérieure à laquelle nous rapportons toutes les autres.

Lorsque nous détournons la tête, l'œil, ainsi que l'a reconnu Breuer, ne se laisse pas entraîner passivement ; il vise un point fixe, par contraction lente des muscles du côté opposé, puis, quand la tête a cessé de mouvoir, il regagne d'un coup sa position normale par rapport à l'axe de l'orbite, au moyen d'une contraction brusque, et c'est cette dernière contraction qui nous fait savoir de quel angle la tête a tourné. Cela posé, voici d'où vient l'illusion décrite. Pour que, la tête étant tournée, nous conservions une estimation juste des directions dans l'espace, il faut que l'axe oculaire coïncide avec celui de l'orbite. Or, pour les rotations fortes de la tête, il n'en est pas ainsi : l'œil tourne plus que la tête, sans que nous en ayons conscience, et nous attribuons à notre face une direction parallèle à celle de nos regards, nous l'estimons trop forte et c'est pour cela que nous la corrigeons avec excès, d'où l'illusion. Il y a là diverses considérations qui seraient trop longues à développer ici et pour lesquelles je ne puis que renvoyer au mémoire original ceux qu'elles pourraient intéresser.

L'étude de nos sensations pendant les mouvements de translation, présente une difficulté particulière. Ces mouvements doivent être prolongés pour qu'on ait le temps d'en faire l'examen, ils doivent être non uniformes, car les accélérations positives ou négatives donnent seules des sensations; enfin ils doivent être doux, c'est-à-dire sans trépidations perturbatrices. On voit tout de suite que ces conditions excluent la marche, le transport en voiture ou en chemin de fer, etc. J'ai résolu la difficulté en imaginant ce que j'ai appelé la *balançoire sans rotation*. Cet appareil se compose (fig. 13)

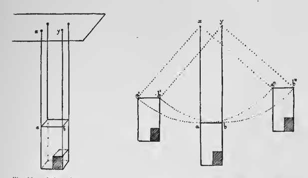


Fig. 13. — Balançoire sans rotation, figure faite pour la traduction allemande du Mémoire.

A gauche, la balançoire au repos. x y, deux points de suspension; ab, bord antérieur de la face supérieure de la caisse. A droite, la même, en mouvement, dans ses positions moyenne a b et extrêmes a' b', a'' b''. On voit qu'elle reste parallèle à elle-même pendant toute l'oscillation.

d'une caisse assez vaste, entièrement close pour éviter l'impression du courant d'air et munie d'un banc sur lequel l'observateur est assis, attaché même. Cette caisse est suspendue aux solives du toit d'un hangar suffisamment élevé (5 à 6 mètres), au moyen de quatre cordes partant des quatre angles de sa face supérieure et allant *parallèlement* s'attacher au plafond. La caisse, lancée comme une balançoire, décrit un arc de cercle, par conséquent une trajectoire courbe, mais sans rotation puisqu'elle reste toujours parallèle à elle-même; son mouvement est doux et n'est uniforme à aucun moment. Dans ces conditions, aucune illusion ne se produit, quoi qu'on fasse, ce qui prouve que nous n'avons pas de sens spécial pour les mouvements de

translation. En dehors des indications visuelles, la notion nous en est fournie d'une façon grossière par une vague sensation causée par l'inertie des viscères suspendus dans l'abdomen et par celle des glissements ou frottements de notre corps sur les objets qui nous servent de siège ou de points d'appui.

Il en est tout autrement pour les mouvemonts rotatoires. Là, les canaux demi-circulaires sont bien l'organe de ces sensations et font naître des illusions intenses, comme on peut s'en assurer au moyen de la même caisse suspendue par deux cordes et oscillant comme une balançoire ordinaire. Les expériences de contrôle m'ont montré que ni l'appareil musculaire de l'œil ni aucun autre organe ne pouvait en être le siège.

Parmi les nombreuses expériences directes que j'ai faites, j'en citerai une seule des plus typiques, renvoyant pour le reste au mémoire original. On se place dans la caisse ci-dessus décrite, attachée au plafond, non par quatre cordes, ni par deux, mais par une seule fixée au milieu de la face supérieure, et, avant d'y entrer, on tord la corde un grand nombre de fois de manière à ce qu'en se détordant elle produise une rotation longue et rapide autour d'un axe vertical. La tête étant droite, les yeux ouverts ou fermés, peu importe, pendant que le corps est entraîné dans cette rotation rapide autour d'un axe vertical, on a une notion fort nette de la direction du mouvement. Si à ce moment, brusquement, on incline la tête fortement dans un sens quelconque, on substitue un des canaux demi-circulaires verticaux au canal horizontal qui était seul impressionné, et instantanément on a la sensation violente, irrésistible qu'on est entraîné dans une rotation rapide dans le plan qu'occupait ce canal dans la situation normale de la tête; si l'on incline la tête dans une nouvelle direction, une nouvelle sensation différente non moins intense apparaît. Je ne sais rien de plus angoissant que cette succession d'impressions violentes toutes accompagnées de vertige, toutes en contradiction entre elles et avec celles fournies par les yeux.

Qu'il me soit permis de dire que j'ai fait toutes ces expériences sur moi-même et qu'elles m'ont soumis pendant plusieurs semaines à des traitements fort pénibles qui avaient fini par altérer ma santé.

De ces expériences, j'ai pu conclure que les canaux demi-circulaires sont l'organe qui nous renseigne sur les mouvements rotatoires imprimés passivement ou activement à notre corps, et qui provoque les mouvements réflexes par lesquels nous rétablissons instantanément notre équilibre à chaque instant compromis. Ce n'est pas le sens de l'espace, c'est *un organe d'équilibration.*

Ce travail a été traduit en allemand par le professeur de physiologie de l'université de Rostock, Aubert, avec addition d'une préface, de notes, et d'un curieux petit chapitre peu connu de Purkinje sur le vertige qui porte son nom.

Sur une fonction nouvelle des otocystes comme organes d'orientation locomotrice

(8°, 21 pag., 1886).

Après avoir fait ce travail, je me suis naturellement demandé si, chez les Invertébrés, qui n'ont pas de canaux demi-circulaires, il n'y avait pas cependant, dans l'organe considéré comme oreille, quelque chose de comparable physiologiquement aux canaux demi-circulaires des Vertébrés. Ici, la bibliographie de la question n'était pas compliquée, rien n'ayant été fait dans cette direction par qui que ce soit.



Fig. 14. — Schéma d'un otocyste.

c, les cellules de l'otocyste; *p*, les poils sensitifs; *o*, l'otolithe; *n*, le nerf.

Les organes correspondant à l'oreille interne de l'homme se nomment *otocystes;* ils sont réduits à une simple vésicule sphérique contenant un liquide et une grosse concrétion calcaire plus dense que le liquide dans lequel elle baigne. Cette concrétion est maintenue au centre de la vésicule par des poils sensitifs insérés sur la paroi et convergeant vers le centre comme des rayons (fig. 14). Il y a de nombreux types de structure; je cite un des plus ordinaires, auquel les autres peuvent se ramener.

On admettait que la pierre était mise en vibration par les ondes sonores et communiquait ces vibrations aux poils, lesquels les transmettaient aux nerfs de l'organe sous la forme d'excitation nerveuse. Cela est très logique; mais, éclairé par mes recherches sur les canaux demi-circulaires, je me suis demandé si cet otocyste ne pouvait pas fonctionner plutôt (ou concurremment) comme organe d'équilibration, et cela, de la manière suivante. Lorsque le corps de l'animal se déplace ou est déplacé, la pierre, l'*otolithe* comme on l'appelle, étant libre dans le liquide de l'otocyste, en vertu de son inertie, ne suit le mouvement qu'avec un léger retard; elle se rapproche donc de la paroi de l'otocyste opposée à la direction du mouvement, presse sur les poils sensitifs venant de ce côté de la paroi et produit une excitation nerveuse qui peut : 1° avertir l'animal du déplacement qu'il

a subi; 2° provoquer les reflexes nécessaires au maintien de son équilibre et par là constituer un organe d'équilibration.

L'expérience a entièrement vérifié ces hypothèses.

Des Crustacés, des Céphalopodes auxquels j'enlevais les otocystes se trouvaient complètement déséquilibrés, nageaient indifféremment sur le ventre, le dos ou le côté, tournaient sur eux-mêmes, etc., etc.

Ces expériences ont été contredites une seule fois par le Dr Steiner qui vint à Paris pour me montrer ses résultats obtenus au laboratoire de Naples et opposés aux miens, et qui dut reconnaître qu'il avait été induit en erreur par de mauvaises conditions expérimentales. Par contre, ils ont été confirmés et étendus, par Engelmann, par Verworn, aux Hétéropodes, aux Méduses, à tous les êtres en un mot qui ont des otocystes opérables. A. Kreidl, qui avait précédemment confirmé par des expériences sur les sourds-muets mes conclusions relatives aux canaux demi-circulaires, résume la question en ce qui concerne les otocystes en disant : « Diese Versuche (les siennes) bestatigen nun vollinhatlich die Angaben von Delage und sind in Auschlusse an die vorangehenden mit ein Beweis dass die Otocysten ein statischen Sinnesorgan sind. » C'est au point qu'on a maintenant changé (et ce n'est pas moi qui en ai pris l'initiative) le terme d'*otocyste* pour lui substituer celui de *statocyste* qui est aujourd'hui employé couramment. L'Académie a bien voulu me faire, à propos de ma communication préliminaire sur ce sujet, l'honneur d'en écouter la lecture (séance du 2 octobre 1886).

C'est après ces travaux, en novembre 1886, que je fus nommé à Paris titulaire de la Chaire de Zoologie, Physiologie et Anatomie comparées que j'occupais depuis un an seulement en qualité de chargé de cours.

Cynthiadées des côtes de France

(4°, 323 pag., 12 planches en couleur, 1887).

Mes tendances, mes goûts, ne me portaient pas vers la zoologie taxinomique, vers la description des genres et des espèces. J'ai été heureux cependant de l'occasion qui m'a été fournie par mon maître, M. de Lacaze-Duthiers, de faire un travail dans cette voie, ne fût-ce que pour ne pas rester complètement étranger à toute une direction de recherches.

M. de Lacaze-Duthiers me proposa, en 1885, d'achever en collaboration avec lui un travail sur certaines Ascidies, commencé par lui longtemps auparavant et pour lequel il avait accumulé nombre de notes et de très jolies

aquarelles. Ce travail m'a occupé plus de deux années et a paru dans les Mémoires de l'Académie des sciences. Le tirage à part en a été distribué en 1890, mais le volume des Mémoires, retardé par les autres mémoires qu'il devait contenir, n'a paru qu'en 1899. L'Académie ayant bien voulu subvenir largement aux frais considérables de cette publication, l'édition en a été faite avec un certain luxe et les planches en particulier ont été très admirées. Elles comportent en effet jusqu'à 13 tirages en couleur repérés les uns sur les autres avec une exactitude remarquable. On croyait à ce moment qu'un travail lithographique aussi difficile ne pouvait s'exécuter qu'en Allemagne. L'Académie a montré que l'on pouvait l'obtenir chez nous, en s'adressant à des artistes français.

Nous avons dans ce mémoire décrit et figuré 14 espèces appartenant à 8 genres dont deux se sont trouvés nouveaux.

Une particularité se rencontre ici, qui donne à ce travail un caractère un peu différent de celui que revêtent en général les mémoires relatifs à la classification. D'ordinaire, dans un groupe, l'organisation interne est uniforme et les caractères taxinomiques sont des caractères d'extérieur. Chez les Ascidies, c'est l'inverse, et déjà en 1816, Savigny écrivait : « Les Ascidies ont l'aspect uniforme et l'organisation variée. » Cela oblige, pour les classer convenablement, à les disséquer et à examiner toute leur organisation intérieure; en sorte que, en dépit de l'apparence, notre travail sur les Cynthiadées des côtes de France est avant tout un travail anatomique fait à l'aide de la pince, du scalpel et de la seringue à injection. Nous avons fait connaître nombre de traits intéressants de structure, les dispositions de l'appareil circulatoire, la structure et les connexions de la glande pylorique décrite par d'autres comme un rein, tandis qu'elle est une sorte de pancréas, la disposition et les orifices des glandes génitales inconnues chez divers de ces êtres; enfin et surtout la constitution très curieuse de l'appareil génital dans les deux genres nouveaux que nous avons découverts.

Nous avons résumé les résultats anatomiques de ce travail dans un petit mémoire :

Études anatomiques et zoologiques sur les Cynthiadés
(16 pag., 1 pl. sur cuivre, 1889)

qui a précédé l'apparition du mémoire principal.

Ici prennent place un certain nombre de petits mémoires faits pendant que je poursuivais de longues recherches d'un tout autre genre, sur l'Em-

bryogénie des Éponges, qui parurent en 1893 et dont il sera question plus loin.

L'un est une courte note sur le

Mode d'action de la lymphe de Koch

(4°, 1 p., 1890)

où je montrai (au moment où on en était encore à la période d'enthousiasme sur sa découverte) que ce liquide, toutes réserves faites sur son utilité, ne pouvait pas être un vaccin de la tuberculose au sens pastorien de ce mot.

Le second, bien différent de tous mes travaux antérieurs, est un

Essai sur la théorie du rêve

(4°, 9 p., 1891).

J'avais songé à publier un volume sur ce sujet qui m'a longtemps occupé et sur lequel j'ai recueilli de nombreuses observations personnelles et étrangères. Mais le manque de temps m'a contraint à condenser mes idées dans un simple article de Revue. Voici en quels termes je résume dans cet article la théorie à laquelle je suis arrivé :

« Contrairement à l'opinion générale, à ce qui semblerait naturel, nous ne rêvons guère de ce qui nous a préoccupés récemment. Les impressions négligées ou repoussées sont la source principale des songes. La probabilité de rêver d'un fait augmente avec la vivacité de l'impression produite et diminue avec l'attention qu'on lui a accordée. Ces faits ont leur explication dans le mécanisme du rêve. Chaque sensation, chaque impression contient en elle une certaine dose d'énergie qu'elle dépense en occupant la pensée; si notre attention est détournée d'elle, la dépense s'arrête; moins la dépense a été forte, plus le reste disponible est grand. Pendant le sommeil, l'attention n'est plus, ni dirigée par la volonté, ni détournée par des sensations nouvelles, et nous sommes livrés à nos impressions extérieures qui sortent de leur état d'*inhibition* passagère et, chacune avec l'énergie qui lui reste, tendent à reprendre leur évolution interrompue. Un autre facteur cependant intervient qui, selon le hasard des circonstances, apporte à l'une ou à l'autre un renfort important. Les vagues impressions que perçoivent nos sens

alourdis, les sensations internes venant de nos viscères, interprétées d'une manière inexacte ou exagérée, provoquent de fugaces pensées et, par association d'idées, telle impression ancienne peut être réveillée, qui seule n'aurait pas eu la force de rentrer en scène. Les visions et les idées du rêve sont donc la simple continuation de celles de l'état de veille; mais au lieu de rester distinctes, elles se superposent, se fusionnent, se combinent de manière à former des scènes souvent absurdes dont les éléments, empruntés à la vie réelle, peuvent devenir méconnaissables. » Le travail se termine par l'étude du cauchemar et l'indication de ce qu'il y a à faire pour l'éviter.

M. le professeur Ribot m'a déclaré qu'il était d'accord avec moi sur le point principal de la théorie, savoir que l'on a plus de chances de rêver des événements qui ont produit sur nous une impression vive aussitôt supprimée par d'autres impressions intercurrentes, que de ceux sur lesquels nous avons concentré librement toute notre attention.

Je ne désespère pas de publier un jour, avec le développement qu'elle comporte et les documents que j'ai amassés depuis ce premier essai, cette théorie qui explique le rêve par le réveil des idées que le hasard des circonstances à l'état de veille avait fait passer à l'état d'inhibition.

Le troisième des petits mémoires auquel j'ai fait allusion se rattache à mes études sur les illusions sensitives. Mais il s'agit ici de certaines illusions visuelles. Il a pour titre :

Les méridiens de l'œil et les jugements sur la direction des objets

(4°, 7 p., 1892).

La question est de savoir si *l'œil connaît ses méridiens*, c'est-à-dire si nos jugements sur la direction des lignes vues résultent d'une comparaison avec la direction des méridiens de la rétine, cette direction étant connue de nous.

Il est nécessaire ici de distinguer les *méridiens morphologiques* de la rétine de ses méridiens *astronomiques*. Quand la tête est droite et que l'œil est au repos dans l'orbite, ces deux sortes de méridiens coïncident, et une ligne verticale se peint sur la rétine verticalement, c'est-à-dire en coïncidence avec son méridien vertical morphologique aussi bien qu'astronomique. Mais si nous inclinons la tête sur l'épaule, l'œil tourne autour de son axe antéro-postérieur et moins que la tête, en sorte que ses méridiens morphologiques ne coïncident plus ni avec ses méridiens astronomiques ni avec les méri-

diens morphologiques de l'orbite : son plan de symétrie passant par les muscles droit supérieur et droit inférieur n'est plus vertical, ne passe plus par le zénith. Dans ces conditions, une ligne verticale se peint sur lui verticalement, en coïncidence avec son méridien vertical astronomique, mais en faisant un angle avec son méridien vertical morphologique.

Dans ces conditions, quel sera notre jugement?

Il semble que la réponse soit aisée. Nous savons tous que les arbres

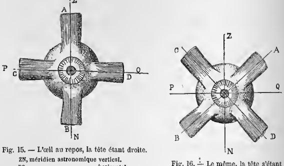


Fig. 15. — L'œil au repos, la tête étant droite.
ZN, méridien astronomique vertical.
PQ, — — horizontal.
AB, — morphologique vertical.
CD, — — horizontal.
A, B, C et D représentent les muscles droits ou moteurs de l'œil.

Fig. 16. — Le même, la tête s'étant inclinée. Mêmes lettres.
On voit que les méridiens morphologiques AB, CD, ont tourné par rapport aux méridiens astronomiques restés immobiles.

nous paraissent verticaux même quand nous les regardons la tête penchée. Par conséquent l'œil connaîtrait ses méridiens astronomiques et ignorerait ses méridiens morphologiques ou, si l'on veut, tiendrait compte seulement des indications des premiers.

Mais il ne faut pas aller aussi vite. Car nous avons la conviction intime que les arbres, les maisons, ne sauraient être devenus brusquement obliques par le seul fait que nous avons penché la tête, en sorte que l'illusion est combattue par un jugement inconscient impérieux. Pour trancher la question, il s'agit de savoir quel serait notre jugement si l'objet qui se peint sur notre rétine pouvait, aussi raisonnablement, être jugé oblique que vertical et si tous les objets permettant une comparaison étaient écartés.

Or, il y a ici deux expériences fondamentales contradictoires. La plus

connue est celle des *images accidentelles*. Tout le monde sait que, si on regarde fixement une fenêtre vivement éclairée, en fermant ensuite les yeux, on voit une image très nette de cette fenêtre. Si on se procure une telle image accidentelle, la tête étant inclinée, l'image paraît verticale. Elle est cependant oblique par rapport aux méridiens morphologiques : donc, *l'œil juge d'après les méridiens astronomiques et ignore ses méridiens morphologiques ou néglige leurs indications.*

La seconde expérience est celle d'Aubert de Rostock. Lorsqu'on se place dans une chambre obscure où l'on ne voit rien autre chose qu'une ligne verticale colorée, si l'on incline la tête, la ligne paraît oblique en sens inverse de la tête. Or, la ligne sur la rétine, fait avec le méridien morphologique vertical un angle en sens inverse de la tête; donc, ici il semble que *l'œil connaît ses méridiens morphologiques et juge d'après leurs indications.*

Au moyen d'expériences nouvelles qu'il serait trop long de décrire ici, j'ai réussi à élucider cette contradiction et bien d'autres encore pour lesquelles je prie le lecteur de vouloir bien recourir à la 2e partie de cette notice (pag. 160 et suiv.), et suis arrivé à la conclusion que résument les lignes suivantes : « L'œil juge des directions en les comparant à ses méridiens morphologiques, mais il fait subir à ces indications premières une correction, toutes les fois que l'inclinaison de la tête vient modifier la direction de ces méridiens dans l'espace. Pour les inclinaisons modérées, qui nous sont habituelles, la correction est complète même en l'absence de termes de comparaison : elle se fait *organiquement*, sans intervention d'un jugement. Pour les inclinaisons un peu plus fortes, elle n'est complète que si elle est facilitée par des termes de comparaison et grâce à l'intervention d'un jugement inconscient. Enfin, lorsque l'inclinaison de la tête acquiert un degré tout à fait étranger à nos habitudes, la correction se produit, mais insuffisante, les objets sont perçus dans une direction qu'ils n'ont pas; l'illusion se produit. »

Je passe sur une courte note relative à

Quelques perfectionnements apportés à la partie mécanique du microscope

(8°, 10 p., 3 fig., 1892).

Et, avant d'arriver à mon mémoire sur l'Embryogénie des Éponges, je résumerai rapidement un petit travail paru cependant un peu après, mais

dont je parlerai ici parce qu'il se rattache aux études sur les illusions sensitives dont il vient d'être question.

Ce travail a pour titre :

Sur la grandeur subjective des images monoculaires et binoculaires dans la loupe avec une discussion raisonnée de l'emploi de la loupe à l'usage des naturalistes

(8°, 8 p., 2 fig.,1893).

Trois points sont examinés dans ce travail. J'ai d'abord exposé la question du grossissement *objectif*, mesuré par la grandeur des images rétiniennes obtenues dans les diverses conditions que peuvent présenter les trois variables : distance de l'œil à la lentille, distance de la lentille à l'objet, distance de l'œil à l'objet.

La théorie générale de la loupe a été faite depuis longtemps, d'une manière complète, par les physiciens et ce n'est pas à cela que j'ai eu la prétention de toucher. Mais il n'était peut-être pas inutile de préciser un peu, pour les naturalistes, par la discussion des formules de la loupe dans certains cas particuliers, l'avantage ou l'inconvénient qu'il peut y avoir pour eux à placer l'objet, la lentille et l'œil dans telle ou telle position relative. La conclusion est qu'il faut d'abord placer l'œil le plus près possible de la loupe, puis l'objet le plus près possible de la lentille sans dépasser bien entendu le point où l'image perdrait de sa netteté. Si en effet on appelle λ la distance du centre de la lentille au point nodal de l'œil et α l'angle des rayons extrêmes, on a : $tg—\alpha = \frac{0}{f} = \frac{p' + f}{p' + \lambda}$et, pour un même objet regardé avec une même lentille : $tg.\ \alpha = \text{constante} \times \frac{p' + f}{p' + \lambda}$. Or λ étant en pratique plus petit que f, $tg.\ \alpha$ devient maximum quand p' est minimum, la limite étant atteinte quand $p' + \lambda$ est égal à la distance minima de la vision distincte.

Tout autre est la question du grossissement *subjectif*, car, pour une même grandeur angulaire de l'image rétinienne, elle dépend de la distance à laquelle nous reportons les images dans cet angle. L'expérience seule, et non le calcul, peut donner des indications sur cette distance. J'ai constaté qu'elle n'était pas du tout, comme on dit quelquefois, la distance minima

de la vision distincte. Il est même des conditions où cette assertion conduit à l'absurde. Si, par exemple, nous nous fournissons avec une loupe appropriée et convenablement placée un image grossie trois fois d'un objet placé à 50 centimètres, l'image fournie par la loupe, reportée à 15 centimètres (distance minima de la vision distincte chez un emmétrope) dans un angle 3 fois plus grand, devra paraître plus petite que l'image obtenue sans loupe qui est reportée à 50 centimètres ($50 > 3 \times 15$), dans un angle trois fois plus petit; en sorte que la loupe devrait produire un rapetissement subjectif, ce qui est contraire à l'observation.

Le troisième point examiné est relatif à une curieuse illusion visuelle.

Placez devant votre œil et tout près de lui une loupe de grand diamètre (10 à 12 centimètres de diamètre) tenue de la main droite et, de cet œil, l'autre étant fermé, regardez votre main gauche placée à la distance la plus grande où vous puissiez la voir encore nettement. Vous la voyez grossie. Brusquement, ouvrez l'autre œil et vous verrez votre main environ deux fois plus grosse qu'avec un seul œil. Il faut, bien entendu, placer la lentille de manière à ce que la main soit vue à travers elle par les deux yeux. L'illusion est nette, invincible et se reproduit aussi souvent que l'on veut, chaque fois qu'on rouvre le second œil après l'avoir fermé.

C'est bien une illusion, car l'image rétinienne du second œil est de même taille que celle du premier et ne devrait que renforcer l'intensité de la sensation.

J'ai réussi à en déterminer la cause. L'illusion provient de ce que, avec les deux yeux, nous reportons l'image rétinienne à une distance plus grande qu'avec un seul œil. Tandis qu'avec un seul œil nous superposons l'image à l'objet, avec les deux yeux nous la superposons à l'image virtuelle fournie par la loupe, image située, comme on sait, au delà de l'objet. J'ai fait connaître la cause du phénomène et j'ai déterminé algébriquement le rapport des images subjectives monoculaires et binoculaires. Voici la formule à laquelle j'ai été conduit :

$$\frac{\text{image binoculaire}}{\text{image monoculaire}} = 1 + \frac{1}{\frac{\lambda}{p'} + \frac{f}{p'} + \frac{\lambda f}{p'^2}}$$

On voit que l'image binoculaire paraîtra d'autant plus amplifiée par rapport à la monoculaire que λ et f seront plus petits et que p' sera plus grand. Pour bien voir le phénomène, il faut donc choisir une loupe à court foyer, la placer tout près de l'œil et, comme p' ne peut être grand que si la dis-

tance minima de la vision distincte est grande, si l'on est myope, il faut mettre ses lunettes. Chez un emmétrope, p' étant illimité, le dénominateur de la fraction a pour limite $-\infty$ et, théoriquement, le rapport peut devenir infiniment grand. Je montre comme quoi, dans la pratique, il ne peut guère s'élever au-dessus de 2 par suite des corrections provoquées par l'illusion elle-même.

Ce mémoire étant court et ne pouvant guère se résumer, j'ai cru devoir le reproduire presque intégralement, avec les figures, dans la seconde partie de cette notice à laquelle je prie le lecteur de vouloir bien se reporter.

J'arrive maintenant à mon travail sur l'

Embryogénie des Éponges

(8°, 153 p., 8 pl. doubles en couleur, 1892).

Je l'ai entrepris, conformément au plan que je m'étais tracé, pour déplacer encore la direction de mes recherches et faire une étude d'embryogénie pure, dans un des grands groupes auxquels je n'avais pas encore touché.

Le mémoire est précédé d'une préface *Sur la manière d'écrire dans les sciences naturelles*, sans aucun rapport avec le sujet et que j'ai placée là uniquement parce que j'y conseille une manière d'écrire dont je fais dans ce mémoire la première application. J'y montre l'envahissement de la marée montante des écrits scientifiques, l'impossibilité de se tenir au courant de ce qui est publié, et je fais voir que cette impossibilité tient moins peut-être au nombre des publications qu'aux habitudes funestes qui se sont introduites dans la rédaction des mémoires, que l'on cherche à faire le plus gros possible et où l'essentiel est noyé dans la masse des détails techniques, des descriptions incidentes, secondaires, complémentaires, des indications bibliographiques, des revendications de priorité, etc., etc., etc., toutes choses sans intérêt pour le lecteur pressé qui ne veut prendre connaissance que du progrès que le mémoire a fait faire à la question dont il traite. Et je conseille de faire dans tout mémoire deux parts, une courte, claire, précise, où seront indiquées les choses essentielles, et une documentaire, aussi diluée qu'on voudra, où tout le reste sera relégué. La division de cette notice en deux parties est une application, mais bien incomplète, en raison du cas particulier, des principes que je conseille de suivre. Cette préface a

été traduite en allemand par le Dr Graff qui conseille à ses compatriotes d'adopter cette manière.

La singularité de la structure des Éponges pouvait faire espérer que leur embryogénie, bien qu'elle parût toute normale d'après les recherches antérieures de Schulze, de Heider, de Maas, etc., devait en réalité réserver des surprises à celui qui voudrait l'approfondir. Le résultat a dépassé tout ce que l'on pouvait imaginer, en montrant chez ces êtres une inversion tout à fait inattendue dans un processus embryogénique qui, chez tous les autres, obéit à une loi uniforme et qu'on aurait pu croire absolument générale.

Lorsqu'on jette un coup d'œil d'ensemble sur la manière dont les êtres se forment aux dépens de l'œuf fécondé, on constate ce qui suit. L'œuf d'abord se divise, se segmente en un grand nombre de cellules qui constituent le matériel embryonnaire. Puis, ces cellules se disposent en trois couches emboîtées, concentriques, que l'on appelle les *feuillets embryonnaires,* l'un en dehors, l'*ectoderme,* l'autre en dedans, l'*endoderme,* le troisième intermédiaire, le *mésoderme.* Enfin, les ébauches des organes se constituent au moyen d'extensions, de replis, d'invaginations, de refoulements, de soudures et de morcellements de ces divers feuillets. Dans le détail, ces phénomènes présentent une diversité presque infinie; mais au milieu de cette diversité une chose reste constante, c'est ce que forment les feuillets : l'ectoderme forme l'épiderme cutané et ses dérivés. L'endoderme forme la tunique interne du tube digestif et ses dérivés. Le mésoderme forme tous les tissus intermédiaires, depuis le chorion cutané jusqu'aux tuniques externes du tube digestif (muscles, os, sang, etc.). Eh bien, fait extraordinaire et tout à fait inattendu, chez les Éponges, c'est l'endoderme qui forme le revêtement cutané et l'ectoderme qui forme ce qui, chez ces êtres si rudimentaires, représente plus ou moins la cavité digestive des autres animaux. Au moment critique où la larve, agile et normalement constituée, avec ses feuillets à leurs places légitimes, se fixe, une inversion se produit par suite de laquelle les cellules endodermiques profondes passent au dehors et prennent place à la surface, tandis que les ectodermiques superficielles s'enfoncent à l'intérieur. C'est là un fait capital dont rien n'était soupçonné auparavant.

Dans le travail où je l'ai fait connaître, j'ai décrit minutieusement dans tous ses détails l'embryogénie des Éponges depuis la phase larvaire libre jusqu'au stade où l'être fixé présente tous les caractères essentiels de l'adulte. Mais je ne veux pas en parler ici, renvoyant ceux qu'ils intéressent au résumé qui en est donné dans la deuxième partie de cette notice. Quel-

ques planches du mémoire y sont jointes pour donner une idée plus nette de la nature de ce travail (1). Je préfère m'en tenir ici au fait capital et exposer ses conséquences et les discussions auxquelles il a donné lieu.

Je désire cependant indiquer d'abord brièvement un processus embryogénique remarquable que j'ai découvert au cours de cette étude et qui présente quelque intérêt au point de vue de la biologie générale.

On voit, à un moment, certaines cellules de la larve fixée se comporter comme des Amibes, étendre autour d'elles de longs prolongements au moyen desquels elles capturent les cellules du voisinage plus petites, qu'elles incorporent ensuite à leur substance en rentrant les prolongements qui leur avaient servi à les prendre.

On croirait assister à un phénomène de phagocytose, c'est-à-dire à ce phénomène par lequel certaines cellules libres de l'organisme en attaquent d'autres et les capturent pour les dévorer, phénomène que Metchnikov a si bien fait connaître et qui est tantôt utile, dans la défense de l'organisme contre les microbes, tantôt nuisible, quand il produit des dégénérescences organiques dans la sénilité.

Mais ici le phénomène ne va pas jusqu'à sa consommation. Les cellules capturées se soustraient, au bout d'un certain temps, à cette dangereuse étreinte et reprennent leur individualité, se retrouvant dans le même état qu'avant la capture, avec cette différence qu'elles se trouvent tout naturellement groupées pour former certains organes de l'Éponge, qu'on appelle les corbeilles vibratiles. Il n'y a donc eu là que phagocytose incomplète, la victime n'ayant été que mangée mais non digérée.

Chez d'autres Éponges, on observe un simple groupement sans fusion des cellules; chez d'autres encore, on trouve des stades intermédiaires entre ces deux termes extrêmes.

Il y a là un fait curieux nous montrant l'utilisation d'un processus biologique pour un résultat tout autre que celui auquel il est généralement destiné : il y a tous les actes préliminaires de la phagocytose, l'attraction, la capture, l'incorporation de l'aliment, mais non sa digestion, et le résultat est un groupement d'éléments embryogéniques, finalement favorable à l'évolution.

Ces phénomènes, d'abord contestés par Maas, ont été confirmés par Noldeke et plus récemment par Évans. Le premier, il est vrai, croit que les cellules capturées sont digérées, mais Maas, Minchin et moi-même, avons montré qu'il était dans l'erreur et fait voir l'origine de cette erreur. Evans,

(1) Voir au sujet de la présence ici de ces planches la note de la page 224.

d'autre part, assure que les cellules capturées ne sont pas incorporées mais seulement accolées au corps de la cellule capturante. Je ne suis pas convaincu que cela soit vrai, mais même s'il en était ainsi, cela laisserait intacts les deux éléments essentiels du groupement, la capture au loin par des pseudopodes et le rapprochement des éléments capturés par retrait des pseudopodes, tous phénomènes qui sont, en toute autre circonstance, les préliminaires d'une phagocytose vraie.

Quittons cette digression sur cette pseudophagocytose organogène pour revenir au point principal du travail, l'inversion des feuillets.

Sur ce point, mes résultats étaient en si flagrante opposition avec tout ce qui avait été décrit, non seulement chez les Éponges, mais chez tous les autres animaux, qu'on les accueillit d'abord avec la plus grande réserve : on crut à des erreurs d'observation. Aujourd'hui, non seulement ils sont admis sans conteste par ceux-là mêmes qui avaient décrit les choses suivant l'ancienne manière de voir dans leurs travaux antérieurs, en particulier par O. Maas, mais ils ont été étendus aux Éponges les plus différentes de celles qui avaient fait le sujet de mes études, en particulier aux Éponges à squelette calcaire par Minchin. Au dernier congrès international de zoologie tenu à Cambridge en 1898, où la question avait été mise à l'ordre du jour, j'ai développé mes résultats, Minchin a fait connaître ceux qui venaient les confirmer et les étendre, sans qu'une voix se soit élevée en faveur de l'ancienne manière de voir. C'est maintenant un fait acquis et devenu classique.

Sur la place des Spongiaires dans la classification

(*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1898. Deux notes).

On sponges

(Communication en anglais au Congrès de Cambridge, 6 p., 1898).

Un changement aussi radical dans notre conception de l'embryogénie des Éponges ne pouvait manquer de retentir sur la classification de ces animaux, et j'ai montré dans une communication à l'Académie (séance du 14 mars 1898) que ces êtres devaient être désormais séparés des Cœlentérés pour constituer un embranchement à part.

Cette note a été l'occasion d'une discussion sur l'interprétation des feuillets de ces animaux, trop technique pour pouvoir être résumée ici. Je renverrai donc simplement à la partie documentaire de cette notice et me

bornerai à faire remarquer que O. Maas, l'auteur qui en Allemagne s'est le plus occupé de l'embryogénie des Éponges depuis que la nouvelle conception a été établie, est d'accord avec moi, et qu'au congrès international de zoologie de Cambridge où j'ai été désigné comme porte-parole pour la France sur la question de la place des Éponges dans la classification, question indissolublement liée à celle de l'interprétation de leurs feuillets, pas une voix ne s'est élevée pour soutenir qu'il fallait envisager les feuillets autrement que je l'avais fait.

Je signale ici simplement par son titre un article de Revue sur **La structure, le mode de vie et le développement des Éponges** (19 p., 35 fig., 1898).

Structure du Protoplasma, Théories sur l'Hérédité et grands problèmes de la Biologie générale

(8°, 16 878 pages, 49 fig., 1895).

Je vais avoir à parler maintenant d'un travail d'une tout autre nature que ceux dont il a été question jusqu'ici. Il s'agit d'un gros livre commencé, avant même que j'eusse entrepris mes recherches sur l'embryogénie des Éponges, et qui marque un tournant dans ma vie scientifique. Il est nécessaire que j'entre ici dans certaines explications.

Depuis 5 ou 6 ans déjà les réflexions auxquelles chacun de nous se livre de temps à autre sur la conduite, le but et l'avenir de la science à laquelle il a consacré sa vie avaient jeté dans mon esprit quelques doutes. Ces doutes peu à peu ont pris corps. De longs voyages faits à l'étranger en 1889 et 1890 vinrent encore les fortifier; et enfin ils aboutirent à une résolution bien arrêtée de modifier l'orientation de mes études et tâcher d'engager dans cette voie nouvelle ceux que je pourrais convertir à ma manière de voir.

Pour faire bien comprendre ma pensée, je ne saurais mieux faire que de transcrire ici les principaux passages de la préface du livre qui fut la conséquence de ces réflexions. Maintenant que je la vois à distance, cette préface m'apparaît écrite sur un ton où perce une certaine emphase inutile; elle a peut-être son excuse dans la vivacité du sentiment parfaitement sincère qui m'inspirait quand je l'ai écrite.

« Il suffit de parcourir la table des recueils périodiques de Sciences naturelles, et la liste des thèses inaugurales pour se faire une idée de la tendance actuelle des recherches. Souvent ce sont des monographies anatomiques et embryogéniques de plantes ou d'animaux; ou bien c'est l'étude histologique d'un tissu ou d'un sys-

tème d'organes dans quelque forme animale ou végétale; ou enfin l'auteur a coupé des nerfs, lié des vaisseaux, analysé des sucs ou dosé des gaz excrétés par une plante ou recueillis dans un animal soumis à des modifications préalables de ces conditions normales. Ces mémoires sont souvent fort bien faits; une élude consciencieuse, une technique copiée sur celles des meilleurs maîtres fournissent presque toujours des résultats nouveaux, précis, positifs. Mais presque tous ont pour caractère commun de n'aboutir qu'à de minimes conclusions de fait. L'auteur a perfectionné, étendu, corrigé des choses connues et il se trouve que ces perfectionnements, extensions, corrections ne modifient point d'une manière sensible les idées que l'on avait auparavant sur les questions générales auxquelles touche le sujet étudié.

« On nous y apprend que tel animal a l'appareil circulatoire fait comme ceci et le système nerveux comme cela, tandis que les auteurs précédents avaient cru que ces organes étaient disposés de telle autre manière quelque peu différente; que telle plante a ses faisceaux distribués et constitués de telle façon et non de telle autre, et que tel de ses tissus a telle origine et non celle que l'on croyait; la description ancienne était vraie pour telle famille voisine, elle ne l'est plus pour celle que l'on étudie; elle reste vraie d'ailleurs pour une troisième. Voici un tissu remis à l'étude. De longues et patientes recherches montrent que tout ce qu'on avait dit était faux. Voici comment sont les choses. C'est très peu différent de ce que l'on pensait, mais qu'importe, la science doit être exacte ou n'être pas.

« Il a été fait ainsi, et il faut le dire, à l'étranger aussi bien que chez nous, un nombre incalculable de travaux, excellents à un certain point de vue, et, grâce à eux, la conformation, la structure, le développement de la plupart des formes animales ou végétales sont aujourd'hui connus. Et cependant l'on continue à étudier toujours les mêmes choses, à ajouter toujours de nouvelles monographies aux anciennes, de nouveaux faits aux faits acquis. De loin en loin, apparaît un mémoire important qui renverse une conception fausse et la remplace par une autre vraiment différente; mais c'est l'exception rare. La plupart du temps l'animal ou la plante, l'embryon ou le tissu étudiés ressemblent, dans tout ce qui est essentiel, aux animaux, plantes, embryons ou tissus déjà maintes fois décrits et, si l'on connaît quelques faits de plus, la conception générale que l'on possédait auparavant n'est pas pour cela changée en quoi que ce soit.

« On entasse ainsi sans profit des matériaux immenses dont personne ne tire parti et l'on gaspille une masse énorme de travail qui, mieux employé, ferait faire à la science un utile progrès.

. . . .

« Longtemps après Cuvier, on a continué à décrire des formes extérieures sans s'inquiéter des organes qu'elles cachaient; longtemps après la découverte des coupes et de la technique histologique, on a continué à ne se servir que de la pince et du scalpel. Eh bien! nous continuons maintenant à ne faire que des monographies sans nous douter qu'il est né autre chose. Cela ne veut pas dire qu'il faille les abandonner, pas plus qu'il ne faut renoncer à l'examen des formes extérieures, ni aux dissections microscopiques, ni à la loupe, à la pince, au scalpel, à la seringue à injection. Mais cela veut dire qu'il ne faut plus se limiter à ces choses. Ce sont les

fins de périodes qui sont critiques parce que c'est à ce moment que le progrès devient routine et que l'on peut, sans s'en apercevoir, passer du premier rang au dernier.

« Eh bien ! nous sommes à une fin de période et personne en France ne semble s'en apercevoir; c'est pourquoi j'avertis qu'il est temps de pousser les recherches dans une voie nouvelle.

« Le livre dont ceci est la préface n'a été fait que pour ce but.

. . . .

« Mais quelle est donc cette voie nouvelle où d'autres en Allemagne et en Angleterre sont déjà entrés : quel est ce faîte auquel on travaille au-dessus de nous avec les matériaux bénévolement préparés par nous?

« Ce n'est rien moins que la Biologie générale, la recherche des conditions et des causes des grandes manifestations de la vie dans la cellule, dans l'individu et dans l'espèce.

« Qu'est-ce au juste que la cellule, cet élément dont sont faits tous les êtres vivants, que nous avions cru si simple et que les études récentes nous montrent si effroyablement compliqué, jusqu'à ce que d'autres études à venir la ramènent à une simplicité plus grande encore en trouvant la formule des actions mécaniques auxquelles se réduisent les forces qui agissent en elle? Comment vit-elle? Comment assimile-t-elle et accroît-elle sa substance avec des substances de nature différente? Pourquoi, au lieu de grandir indéfiniment, se divise-t-elle à un instant donné, et quelle est la raison des phénomènes extraordinaires qui se passent en elle à ce moment? Quelle est la cause mécanique ou physique ou chimique (car il en est une de ce genre) des mouvements du protoplasme? Sous quelles influences les cellules nées de la division de l'œuf se disposent-elles suivant des formes avantageuses pour la vie de l'ensemble? Comment sont-elles amenées à se partager la besogne des différentes fonctions? Comment, identiques au début, se différencient-elles et deviennent-elles, les unes du cartilage, de l'os ou du tissu conjonctif, les autres du muscle, celles-ci glandulaires, celles-là nerveuses? Car enfin, si l'on remonte l'ontogénèse, on arrive fatalement à un stade où les cellules mères de ces tissus si différents sont nées, sœurs en apparence identiques, de la division d'une même cellule. — Et la Régénération! Quelles forces sommeillaient dans les cellules du bras de la Salamandre aquatique, qui se réveillent lorsqu'on ampute ce bras et en refont un nouveau semblable à l'ancien? Elles étaient pourtant déjà différenciées en cellules de l'humérus, de l'artère humérale, des muscles brachiaux. Où trouvent-elles le pouvoir de se grouper en se multipliant de manière à dessiner les organes de l'avant-bras et de la main? Voici un Ver de terre : vous le coupez en deux, la queue refait une tête et la tête une queue. Ce sont pourtant les mêmes cellules entamées par la section qui régénèrent des parties si différentes. Qui leur enseigne ce qu'elles doivent engendrer pour refaire un tout complet? — Et à propos de la phylogénèse? Quels problèmes grandioses! Jusqu'à ces dernières années, personne ne doutait que les modifications acquises par l'individu ne fussent transmissibles à ses descendants et sans cela l'évolution des espèces eût semblé inexplicable. Mais voilà qu'en cherchant la voie par laquelle pourraient se communiquer aux éléments sexuels les acquisitions de l'individu, on ne la trouve nulle part. Dès lors se dresse

une difficulté accablante : si les caractères acquis ne sont pas transmissibles, comment s'explique l'évolution adaptative des espèces; s'ils sont transmissibles, par quel moyen le sont-ils? — Et l'hérédité qui nous demande sous quelle forme sont contenus dans les éléments sexuels microscopiques les innombrables caractères qui se manifestent fatalement dans l'adulte issu de leur réunion. La chose à priori semble impossible, et cependant l'observation banale nous la montre se passant tous les jours sous nos yeux. — Enfin, de tous ces problèmes le plus important, car on sent que, s'il était résolu, tous les autres s'en déduiraient comme de simples corollaires, mais le plus difficile aussi, celui de la structure intime du protoplasme, qui évidemment contient en elle la raison mécanique de tous les phénomènes dont il est le siège et par conséquent expliquerait la vie.

« Voilà quelques-uns de ces problèmes de la Biologie générale auxquels on travaille ailleurs pendant que nous nous attardons à décrire des formes de cellules, ou des ramifications de minimes truncules vasculaires ou nerveux. Et il en est bien d'autres.

« Faut-il s'étonner qu'en présence de ces questions les mesquins détails anatomiques pour lesquels nous continuons à nous passionner perdent tout leur intérêt?

. . . .

« Il est temps d'abandonner ces études terre à terre qui ne peuvent nous conduire à rien, ou plutôt, car ma pensée s'emporte au delà de son expression juste, de ne plus se limiter à l'étude de ces questions, et d'aborder enfin la Biologie générale.

. . . .

« Toute recherche, pour avoir un réel intérêt, doit aujourd'hui viser la solution d'une question théorique. Il ne faut plus se contenter, comme presque tous font aujourd'hui, de disséquer, couper, colorer ou dessiner. Il faut faire tout cela, non plus pour combler une minime lacune dans nos connaissances anatomiques ou histologiques, mais pour résoudre un problème biologique, si petit qu'il soit.

« Chacun de ces problèmes comporte un certain nombre de solutions hypothétiques que nous devons chercher à deviner et notre travail matériel doit se borner à vérifier nos hypothèses. Ce n'est que lorsque notre imagination est à bout que nous avons le droit de chercher au hasard.

« Ces hypothèses se présentent généralement sous la forme dichotomique : est-ce ceci ou cela? Si c'est ceci, je devrai diriger ma recherche dans telle direction; si c'est cela, j'irai dans telle autre. Or la question de savoir si c'est ceci ou cela qui est vrai, dépend en général d'une observation ou d'une expérience décisive. Faire cette expérience ou cette observation décisive doit devenir le but de la recherche. C'est le seul moyen d'aller de l'avant.

. . . .

« Les observations décisives ne diffèrent par aucun trait absolu de celles qui ne le sont pas. C'est le but seul et la possibilité d'en tirer des conséquences qui les caractérisent. Un exemple fera sentir la différence. Depuis longtemps, les botanistes avaient trouvé entre les cellules des communications protoplasmiques. C'était un fait curieux, rien de plus. Le hasard a transformé un jour ce fait curieux en observation décisive, lorsque Sedgwick les retrouva chez le Péripate, généralisa leur existence,

et que Spencer vit en elles une possibilité d'expliquer l'action des cellules du corps sur les éléments sexuels, et par suite l'hérédité des caractères acquis. Les botanistes, dira-t-on, n'avaient donc pas travaillé inutilement! Non, mais ils ont tiré les marrons du feu.

. . . .

« Il est temps d'achever cette trop longue préface. J'avais à cœur de montrer que le moment était venu de changer la direction des recherches biologiques si nous ne voulions pas laisser aux autres tout l'honneur des grandes découvertes qui se préparent. Je ne disconviens pas que la voie nouvelle où je conseille d'entrer est autrement difficile que l'ancienne. Quand on veut se contenter de revoir dans une plante ou un animal ce que d'autres ont vu dans un autre animal ou une autre plante, et de signaler les petites différences que l'on rencontrera, on est sûr de produire un honnête mémoire au bout d'un temps relativement court. L'expérience décisive, au contraire, est généralement difficile à concevoir et presque toujours difficile à faire, et l'on peut en la poursuivant rester des années sans rien trouver. Mais du moins, si l'on réussit, ce que l'on produit a de la valeur.

« On y arrive bien en Allemagne.

« Laisserons-nous s'accréditer, ce que l'on voudrait bien faire croire, que les races latines énervées ne sont pas à la hauteur de ces grandes tâches? Non, nous n'avons péché jusqu'ici que par insouciance de ce qui se passait autour de nous. Il est temps encore de nous ressaisir, mais il n'est que temps. »

Décembre 1894.

Je demande pardon pour ces citations trop longues, mais qui m'ont semblé nécessaires pour bien établir l'orientation nouvelle de mes tendances.

Quant au livre en lui-même, c'est en quelque sorte une mise au point des questions de la Biologie générale jusqu'en 1894. Il serait beaucoup trop long d'en donner ici un résumé même aussi abrégé que possible.

Je prie le lecteur de vouloir bien se reporter à la page 181 de cette notice où il en trouvera la table, qui mieux qu'autre chose pourra lui donner une idée de son contenu.

Je ferai remarquer cependant que ce livre n'est pas une simple compilation, qu'il comporte une partie critique très étendue, et que les 100 dernières pages sont consacrées à l'exposé d'idées personnelles mises sous le titre de *Théorie des causes actuelles,* où je signalerai entre autres les chapitres sur l'Ontogénèse et sur l'Hérédité, partiellement reproduits aux pages 193 et 197, dans la seconde partie de cette notice.

Mon but, en réunissant les matériaux de ce livre, était d'abord d'apprendre pour mon édification personnelle ce qui avait été fait dans le domaine de la biologie générale; en le publiant, il a été de faire profiter les autres du labeur considérable qu'il représente, en les mettant à même de se mettre au courant

des mêmes choses avec moins de peine et en moins de temps. Cet ouvrage a été couronné par la Société d'Anthropologie de Paris (Prix Broca). Il a été traduit en russe et en polonais.

L'Année biologique

(Chaque année, 1 fort vol. in-8°).

Mais ces questions de biologie générale marchent vite et le livre qui mettait au point leur état à un moment donné eût vite été vieux. J'ai donc été entraîné à entreprendre une publication périodique, l'*Année biologique*, où, avec le secours d'une cinquantaine de collaborateurs pris à Paris, en Province, en Italie, en Suisse, en Belgique, en Russie, en Angleterre et en Amérique, parmi les savants les plus autorisés, chaque année toutes les questions traitées dans les divers chapitres de mon livre sont reprises et mises au point par l'analyse des travaux publiés sur les mêmes sujets. J'ai même dû y ajouter un 20e chapitre sur les fonctions nerveuses et mentales qui y a pris un développement considérable.

Dans la seconde partie de cette notice (p. 204 à 209), on trouvera la table des chapitres du périodique avec la liste des collaborateurs et celle des articles originaux publiés. Je veux ici seulement, comme je l'ai fait pour mon livre sur l'Hérédité, donner un extrait de l'Introduction du 1er volume, Introduction qui a été tirée à part et qui est envoyée à tous les Rédacteurs pour leur montrer bien nettement la nature du travail qui leur est demandé. J'estime que c'est le meilleur moyen de donner une idée de cet ouvrage.

La biologie générale. — Son objet et ses limites.

« A en juger par les conclusions des travaux publiés dans les diverses branches de la Biologie, il semblerait que le but ultime de la recherche, dans les sciences biologiques, soit de *connaître* l'organisation, la structure, le développement du plus grand nombre possible de formes animales ou végétales. L'on semble à peine se douter que *connaître* n'est qu'un moyen pour arriver à *comprendre;* que *constater* des faits n'a d'intérêt que pour en venir à les *expliquer;* que définir le *comment* ne saurait être qu'une étape pour arriver à trouver le *pourquoi :* non le pourquoi métaphysique, mais le pourquoi physique, la cause mécanique du résultat.

« Nous avons assez longuement développé ce thème dans l'Introduction de notre livre sur l'Hérédité où nous croyons avoir montré qu'il était temps d'abandonner la voie actuelle des recherches biologiques, de ne plus s'en tenir à la pure description des faits et d'aborder leur explication.

« Ceux qui n'ont pas été convaincus à ce moment ne le seraient pas davantage aujourd'hui, et pour ceux qui pensent comme nous il n'est pas besoin de nouveaux arguments. Aussi entrerons-nous, sans plus ample préambule, dans l'explication de ce qu'est ce nouveau périodique : *L'Année biologique*, de son but, et des moyens par lesquels nous espérons l'atteindre.

« Dans l'ouvrage auquel nous faisions allusion, il y a un instant, nous avons exposé à grands traits et cependant d'une manière assez complète les principaux problèmes de la Biologie générale, défini en quoi ils consistent, résumé les faits qui leur servent de base, examiné et critiqué les théories par lesquelles on a tenté de les expliquer. Nous avons fait cela pour les philosophes, pour les savants spécialisés dans d'autres études, pour les esprits curieux, pour tous ceux, en un mot, qui peuvent s'intéresser à la Biologie générale, et n'ont pas le temps d'aller chercher aux sources originales les connaissances qu'ils désirent acquérir; nous l'avons fait aussi pour ceux qui, voulant travailler eux-mêmes à la solution des problèmes biologiques, devaient trouver là des sujets de recherche et se mettre au courant en peu de temps de ce qui a été fait avant eux dans la voie qu'ils ont choisie.

« Mais la science marche, et pour que la lacune comblée ne se rouvre pas de nouveau, ne s'élargisse pas toujours un peu plus, il faut tenir ces lecteurs au courant des progrès accomplis chaque année. Cela ne peut se faire que par un périodique : c'est pour ce but que nous avons fondé *L'Année biologique*.

« La chose était d'autant plus nécessaire que les découvertes de Biologie générale sont noyées dans le flot immense des publications biologiques de tout ordre, d'autant plus nécessaire aussi, qu'il n'existe en aucune langue un ouvrage semblable. Tous les *Comptes rendus* analytiques, les *Records*, *Jahrsberichte*, etc., s'appliquent à l'Anatomie, à la Zoologie, à l'Histologie, à l'Embryogénie, et résument *indistinctement* tout ce qui se publie dans l'ordre de sciences auquel ils sont affectés. Il n'en est aucun qui ait pour programme de *trier*, dans les publications biologiques de tout ordre, tous et les seuls mémoires où il est question des phénomènes généraux de la Biologie et ceux surtout où l'on cherche à fournir l'*explication*, à donner la *cause* des faits décrits.

« Tous, en outre, se croient obligés de donner des analyses complètes ou plutôt, car trop souvent elles sont incomplètes, des analyses totales, intégrales, de chaque ouvrage cité. *L'Année biologique*, au contraire, doit tout à ses lecteurs, et rien aux auteurs qu'elle analyse. Elle doit à ses lecteurs tout ce qui concerne la *Biologie générale*, telle que nous l'avons définie, et cela l'autorise à laisser de côté dans l'analyse des mémoires tout ce qui est étranger à son objet.

« Cela nous amène à tracer, aussi bien pour les collaborateurs futurs qui voudront bien se joindre à nous, que pour le lecteur qui doit connaître le caractère de ce nouveau périodique, à tracer, disons-nous, le plan de l'ouvrage en marquant bien dans chaque catégorie ce que nous devons prendre ou laisser de côté.

« Le point important et difficile est de bien distinguer ce que nous devons prendre ou rejeter dans la masse énorme des faits biologiques publiés chaque année. Heu-

reusement, nous avons pour cela un criterium sûr qui nous est fourni par la considération du but à atteindre. Ce but est *non de faire connaître* pour *faire connaître, d'exposer* pour *exposer, mais de faire comprendre, d'expliquer, et de faire connaître* pour *faire comprendre, d'exposer* pour *expliquer.*

« Dès lors, nous devons rejeter tout fait purement descriptif.

« Ce n'est pas que nous ayons le moindre mépris pour lui. Nous n'oublions pas qu'il est l'unique base solide de toute explication. Mais il ne manque pas de périodiques excellents dans toutes les langues pour l'analyser; et nous le laissons de côté, parce qu'il est étranger à notre objet.

« Il est évident que nous devons faire ainsi, sans quoi nous embrasserions la Biologie tout entière et manquerions notre but qui est de séparer, pour le mettre en lumière, ce qui concourt à *l'explication* des phénomènes généraux.

« Que nous servirait en effet d'analyser ces innombrables mémoires relatifs à la monographie de quelque animal ou plante plus ou moins semblables à d'autres déjà connus? Fussent-ils même très différents que cela ne serait qu'un fait nouveau, fort intéressant peut-être en lui-même, mais qui ne fait faire aucun progrès à l'explication de quoi que ce soit. Il en est de même de la plupart des monographies histologiques, embryogéniques ou taxonomiques. A quoi nous sert pour l'explication des phénomènes de la Biologie générale de connaître quelques espèces de plus dans un genre; de savoir que tel animal se développe par une gastrula embolique ou épibolique, que tel organe se forme de tel feuillet, qu'il se fait ici une invagination, tandis que là pousse un processus plein; d'apprendre que tel organe a ses couches musculaires circulaire et longitudinale, celle-ci en dedans, celle-là en dehors, que tel épithélium est cubique ou tel autre plat, etc., etc.?

« Dans les travaux physiologiques, il semblerait au contraire que nous n'ayons rien à éliminer, car, étudiant le fonctionnement des organes et non leur conformation, la *Physiologie* semble, plus que les autres sciences, expliquer les phénomènes qu'elle étudie. Il n'en est rien cependant. Sommes-nous plus avancés dans l'explication des grands processus de la Biologie générale lorsque nous savons que le sang circule parce qu'il est poussé par la contraction du cœur, que l'albumine est digérée parce que la pepsine acide a sur elle une action dissolvante etc., etc.? Ces *parce que* ne répondant pas à nos *pourquoi* : ceux-ci posent une question générale et ceux-là ne font le plus souvent que des réponses particulières.

« Cela nous décharge d'un coup des quatre cinquièmes des travaux de Biologie.

« Nous analyserons au contraire avec soin *tous les mémoires ou fragments de mémoires dans lesquels est proposée une explication des phénomènes biologiques décrits.* D'ailleurs nous ne fermerons pas la porte aux théories purement hypothétiques. Il ne faut rien mépriser, et ces hypothèses, sans avoir la valeur de celles qui sont appuyées sur des faits, peuvent susciter des idées, provoquer des expériences, ouvrir des horizons nouveaux.

« Mais notre tâche ne se borne pas là. Nous nous proposons aussi de rendre compte de *tous les faits qui, sans être explicatifs en eux-mêmes, se montrent, par leur nature, en relation étroite avec l'explication à venir,* même lorsque l'auteur qui les décrit ne vise pas lui-même cette explication.

« Nous retiendrons même *tous les faits qui, sans avoir de relation étroite avec une*

explication même éventuelle, appartiennent à la Biologie générale et ne sont pas de même nature que d'autres déjà connus.

« Ici la question devient délicate et il convient de définir les choses avec plus de précision et de justifier notre choix.

« Quelques exemples nous y aideront.

« Prenons la *Régénération.*

« C'est là un des processus des plus remarquables et des plus énigmatiques de la Biologie générale et il appartient entièrement à notre sujet. Cependant nous n'irons pas relater en détail, nous ne ferons que signaler très rapidement, les nombreux faits de Régénération signalés chaque année, lorsqu'ils ressemblent de près aux faits déjà connus.

« Du moment que l'on sait que le Ver de terre, par exemple, régénère sa tête ou sa queue, que nous importe d'apprendre que telle Annélide polychète s'est montrée aussi douée de ce pouvoir, tandis que cette Hirudinée ne l'a pas eu? Cela n'aide en rien à l'explication du phénomène. Par contre, on croyait il y a peu d'années que, d'une manière générale, les viscères étaient incapables de régénération : lorsque quelqu'un est venu démontrer que les glandes salivaires, le foie, le testicule peuvent réparer des pertes de substance, c'était là un fait à retenir, car, bien qu'il n'explique rien, il modifie la conception que l'on s'était faite du pouvoir régénérateur et l'on sent que l'explication duit en tenir compte et ne pourra être la même que si la régénération viscérale n'existait pas.

« Autre exemple.

« La *Tératogénèse* est aussi un des chapitres les plus importants de la Biologie générale : il éclaire l'ontogénèse normale et démontre à lui seul l'inanité des théories de la prédestination des germes, puisqu'il nous montre ces germes suivant une évolution autre que celle à laquelle ils étaient destinés. Irons-nous cependant reproduire toutes les observations de polymérie, d'anencéphalie, d'exstrophie viscérale, etc., etc., plus ou moins semblables à celles déjà connues?

« Cela est l'affaire des journaux de tératologie et ne nous intéresse en rien.

« Mais si par hasard quelque monstre pourvu d'une main double dont les doigts homologues ne seraient pas symétriques par rapport à l'axe du membre venait mettre en défaut la loi de Geoffroy Saint-Hilaire, si un hermaphrodite parfait, mâle d'un côté, femelle de l'autre, venait à montrer de chaque côté les caractères sexuels secondaires correspondants, etc., etc., bien que ces faits n'expliquent rien encore, on sent qu'ils entrent dans le vif de la question, et que toute théorie explicative devra compter avec eux : aussi nous empresserons-nous de les signaler.

« Au premier rang parmi les faits de cet ordre sont ceux qui concernent la *structure* et les *propriétés* de la *cellule* et des *produits sexuels*, la première parce qu'elle est la base physique de la vie, les seconds parce qu'ils sont la base physique de la Reproduction, de l'Ontogénèse et de l'Hérédité. Il n'est pas un progrès dans la connaissance de la cellule et de ses propriétés, dans celle des produits sexuels, de leur constitution intime, de leur origine, de leur maturation, de leur rôle dans la fécondation, etc., qui puisse rester étranger à cet ouvrage.

« Ces exemples suffisent sans doute pour définir l'esprit dans lequel notre pério-

dique est conçu. Nous allons maintenant, sans plus discuter les raisons, en développer le plan pour faire connaître avec plus de détail son objet et ses limites.

Pour se faire une idée du travail que représente un tel recueil d'analyses, il faut se rendre compte que les données intéressant la biologie générale ne sont pas groupées dans des périodiques ou dans des livres spéciaux, mais sont disséminées partout et qu'il faut tout compulser pour extraire ce qui convient. Ce n'est pas un recueil d'analyses intégrales, mais un triage dans l'ensemble de tout ce qui paraît en biologie animale ou végétale et souvent en chimie, de tout ce qui est relatif aux grands problèmes de la biologie générale.

Trois volumes sont actuellement parus : le 1er, pour 1895, comprenant 732 pages; le 2e, pour 1896, avec 808 pages; le 3e, pour 1897, avec 842 pages; le 4e, pour 1898, est imprimé en placards et paraîtra sous peu.

Je demanderai la permission de faire remarquer que, bien qu'ils soient écrits presque entièrement par mes collaborateurs, les volumes comportent cependant une somme considérable de travail personnel. Les analyses me parviennent sans ordre. Il faut les lire, les classer, souvent les retoucher, puis prendre pour chaque chapitre une connaissance complète de son contenu pour en tirer une sorte de *Revue générale* qui fasse connaître au lecteur pressé ce qui a été fait de plus saillant. Sur ces 800 à 900 pages, il n'y en a peut-être pas 100 qui portent ma signature; mais la proportion de mon travail personnel dans l'ensemble est bien supérieure à ce qu'indique ce rapport.

Qu'il me soit aussi permis de dire aussi que de tous côtés j'ai reçu des témoignages des services qu'elle rendait. Elle a deux défauts cependant, assez graves : elle est trop volumineuse et pourrait être réduite sans rien perdre de ses avantages, et elle paraît avec un trop grand retard. J'espère avec le temps l'améliorer sur ces deux points.

Je dois citer ici, avant d'abandonner ce sujet, deux petits mémoires parus concurremment avec cette publication. L'un est un simple article de Revue; il a pour titre :

Une Science nouvelle, La Biomécanique

(4°, 7 pages, 1895)

et est destiné à attirer l'attention sur l'importance des facteurs mécaniques (au sens le plus large de ce mot) dans la différenciation anatomique et

histologique des organes et des tissus au cours du développement. Il y a là, dans la modification expérimentale de ces facteurs, une voie de recherches précises du plus haut intérêt pour l'interprétation des phénomènes du développement.

Deux exemples montrent nettement l'influence des forces *actuelles* sur l'évolution organique que l'on tend à rapporter exclusivement aux forces héréditaires. Le premier est celui des pseudartbroses où l'on voit, sous l'influence du frottement, se former au milieu d'un os un cartilage là où aucun ancêtre n'en a jamais possédé; le second est celui du placenta dans les grossesses extra-utérines, où l'on voit la trompe ou la paroi abdominale former un placenta sans qu'aucune force héréditaire leur ait appris à le faire.

Le second, bien qu'il ait paru aussi dans une Revue, a un tout autre caractère et constitue toute une théorie, passablement révolutionnaire, sur l'interprétation des organismes composés. Il a pour titre :

Sur la conception polyzoïque des êtres

(4°, 13 p., 11 fig., 1896).

Au premier abord, il ne semble pas qu'il puisse venir à l'idée de nier que les animaux supérieurs, un Chien, un Cheval, un Homme, soient des unités zoologiques, des individus. Par contre, dans certaines formes inférieures, telles que les Coraux ou certaines Ascidies, il n'est pas niable que la masse vivante continue et distincte des voisines formant une unité au sens physique du mot, ne soit composée de plusieurs êtres constituant chacun un organisme complet, semblable à certains autres organismes simples vivant à l'état isolé. Et tous ces êtres sont réunis, soudés en une masse commune qui constitue ce qu'on appelle une colonie zoologique.

Certains êtres, Vers, Millepieds, Crustacés, Insectes, se présentent avec des caractères intermédiaires. Au premier abord ils semblent bien être des individus zoologiques; mais en les examinant de plus près, on voit qu'ils sont formés d'une succession de segments semblables ou anneaux qui ont chacun presque tous les organes nécessaires pour faire un organisme complet : chaque anneau a sa paire de pattes, son tronçon de cœur, de chaîne nerveuse et de tube digestif. De cette constatation à l'idée que ces êtres ne sont pas simples, mais sont des colonies de segments représentant chacun un individu complet, il n'y a qu'un pas. Il a été vite franchi.

L'animal supérieur, l'Homme lui-même, a dans son organisation des traces très nettes d'une segmentation semblable : les vertèbres avec leur paire de côtes et leur tronçon de moelle épinière, les éléments échelonnés du système nerveux sympathique sont les plus apparents de ces indices; et il y en a d'autres. Quelques zoologistes ont été par là amenés à considérer le Mammifère et l'Homme comme étant aussi des colonies d'individualités d'ordre inférieur dont chacun est un segment de son corps annelé.

Enfin tout être, même lorsqu'il est en apparence simple et indivisible en parties semblables, est composé de cellules qui sont elles-mêmes de petits organismes. Donc il est une colonie de cellules. Au delà des cellules il n'y a plus d'organismes simples, il n'y a plus que des colonies et des colonies de colonies.

C'est pour protester contre les exagérations de cette théorie et montrer la fragilité de ses fondements que j'ai écrit cet article.

En ce qui concerne les Annelés, je montre, par des considérations embryogéniques, qu'il y a dans leur larve trois segments primordiaux non équivalents, la tête, le tronc et la queue, et qu'accepter la signification coloniale de leur annulation conduirait à admettre que les anneaux représentent non un individu entier, mais un tronc seulement, et qu'ils se trouveraient avoir une peau, certains de leurs muscles, leur intestin leur appartenant en propre, tandis que leurs autres muscles, leur péritoine, leurs reins et leurs organes génitaux appartiendraient à l'individu terminal dont ils ne dérivent pas!

En ce qui concerne la théorie des colonies cellulaires formant le corps de tous les animaux, je montre par des exemples qu'il est des êtres chez lesquels une organisation calquée sur celle des prétendues colonies de cellules existe sans cellules ou sans limites de cellules, montrant par là que la différenciation organique est indépendante de la constitution cellulaire.

La conclusion, pour un cas comme pour l'autre, est que ni la constitution cellulaire ni la structure annelée n'ont une signification coloniale et qu'elles sont l'une et l'autre des traits d'organisation, comme les articulations de membres ou le cloisonnement.

A une tentative d'un contradicteur de transporter la question sur le terrain de la définition métaphysique de l'individu, j'ai répondu dans un article intitulé : **La question du polyzoïsme et la définition de l'individu** (8°, 1 p., même année) que j'aborderais la discussion lorsqu'on se serait entendu sur la question de savoir si c'est l'homme ou la scie qui a scié la planche.

Traité de Zoologie concrète

(8°, 1 vol. par an, 4 vol. parus, 5e vol. sous presse).

Il y a plus de 15 ans que je donne à la Sorbonne l'enseignement de la zoologie et, dès les premières années de mon enseignement, les auditeurs de mes leçons m'ont demandé de les publier et de leur donner un livre qui résumât les renseignements qu'ils ne trouvaient que disséminés dans les mémoires ou insuffisamment développés dans des ouvrages didactiques trop abrégés. Longtemps j'ai résisté à leurs sollicitations individuelles ou à celles qu'ils m'adressaiant plus solennellement par députation de quelques-uns des leurs. Mais enfin, de guerre lasse, à tort ou à raison, j'ai fini par céder.

Telle est l'origine du *Traité de zoologie concrète* que je publie en collaboration avec M. le Dr Hérouard, maître de conférences de zoologie à la Faculté des sciences de Paris.

Probablement, malgré mon désir de complaire aux élèves, je n'aurais pas cédé, si je n'avais eu l'idée qu'un changement radical devait être apporté dans le plan et la conception de l'ouvrage qu'on me demandait, par rapport aux ouvrages similaires en France et à l'étranger.

Un extrait de la préface du 1er volume fera comprendre le plan que je voulais adopter et que le nom singulier de *zoologie concrète* est fait pour rappeler.

« Zoologie concrète?!. — Ce titre demande à être expliqué, car on n'en saisit pas tout d'abord le sens. Et cependant il contient en lui seul toute la justification de cet ouvrage.

« Cela semble insinuer que les précédents étaient, en général, des Traités de Zoologie abstraite.

« Ce n'est pas une insinuation, c'est une affirmation positive et nous espérons démontrer qu'elle est entièrement justifiée.

« Il existe deux sciences sœurs, la Zoologie et l'Anatomie comparée, qui, si on les compare telles qu'elles étaient comprises il y a quelque cinquante ans, ont pour objet des études nettement distinctes. L'Anatomie comparée envisage les fonctions des êtres organisés et en particulier des animaux et elle étudie, non pas ces fonctions en elles-mêmes, ce qui est le propre de la Physiologie, mais les organes qui les remplissent, et comme ces organes sont d'autant plus semblables que les êtres sont plus voisins, elle étudie la variation progressive dans la série animale des organes chargés de l'accomplissement de chaque fonction. Par rapport à l'organe, elle est concrète puisqu'elle l'étudie en lui-

même dans tous ses caractères; mais par rapport à l'animal, elle est abstraite puisqu'elle fait abstraction, dans chaque forme de la série, de tout ce qui n'est pas l'organe qu'elle étudie pour le moment. Et quand elle a passé en revue toutes les fonctions et tous les organes, elle ne s'occupe point de réunir ces membres épars et de constituer des types d'êtres possédant tel ou tel arrangement d'organes pour accomplir l'ensemble de ses fonctions. Cela, c'est l'Anatomie comparée vraie, dont nous trouvons un superbe exemple dans l'ouvrage magistral de Henri Milne-Edwards.

« La Zoologie au contraire (nous parlons toujours de celle d'autrefois) est une science essentiellement concrète; elle montre l'animal lui-même, elle l'étudie comme personne entière ayant son individualité dans la nature. Cette individualité, il est vrai, n'est pas réelle, car la Zoologie met à la place des innombrables individus de l'espèce ou du genre un individu idéal qui résume en lui toute l'espèce ou tout le genre, mais cela n'altère en rien son caractère concret, car il nous suffit de prendre en main un individu quelconque pour voir en lui tout ce qu'elle nous décrit à l'occasion de l'espèce ou du genre auxquels il appartient. Par contre, au point de vue de la connaissance entière des animaux, elle est essentiellement incomplète, car ayant pour but seulement de les nommer et de les classer, elle ne tient compte que de ce qui est nécessaire et suffisant pour ce but, c'est-à-dire des caractères extérieurs : elle néglige entièrement l'anatomie interne, elle ignore les organes chargés des fonctions les plus essentielles.

« Ces deux sciences sont donc incomplètes l'une et l'autre.

« Lorsqu'on a voulu constituer, pour l'enseignement, des ouvrages où la science des animaux fût traitée dans son ensemble, on a cru pouvoir les compléter l'une par l'autre en les associant.

« Or, on s'est en cela radicalement trompé.

« C'est de l'Allemagne, dont nous avons été si longtemps tributaires pour les ouvrages destinés à l'enseignement supérieur, que nous est venu le type de ces ouvrages mixtes où, presque indifféremment sous le titre de Zoologie ou sous celui d'Anatomie comparée, on trouve le sujet traité de la manière suivante. Le règne animal est tout d'abord divisé en grandes sections (embranchements, phylums, etc.), telles que les Échinodermes, les Mollusques, les Vers, etc., qui sont étudiés séparément. Prenons une de ces sections, les Mollusques, par exemple. Le chapitre commence par des généralités sur le groupe; c'est une petite anatomie comparée des Mollusques dans laquelle on expose la variation des fonctions et des organes dans ce groupe, tout comme on le ferait au chapitre « Mollusques » d'un traité d'Anatomie comparée telle qu'on la comprenait autrefois. Puis on annonce que le groupe se divise en tant de classes et immédiatement on aborde leur étude, on les examine séparément, les unes à la suite des autres. Prenons celle des Gastéropodes. On la traite comme on a fait de l'embranchement des Mollusques, c'est-à-dire que l'on écrit un petit chapitre d'Anatomie comparée tel qu'on le ferait pour une Anatomie comparée vraie, en se plaçant au point de vue de la variation des fonctions et de leurs organes sans se préoccuper des animaux qui les possèdent. Puis on passe à la sous-classe, à l'ordre, au sous-ordre, toujours de la même manière, et c'est seulement alors que l'on change de plan.

« Là, brusquement, on tombe dans la Zoologie pure, c'est-à-dire que l'on fait défiler sous les yeux les familles, les genres principaux, voire même les espèces les plus importantes sans en faire connaître autre chose que les caractères presque exclusivement extérieurs qui seuls les distinguent.

« Est-ce de la Zoologie?

« Non!

« Est-ce de l'Anatomie comparée?

« Pas davantage!!

« Ce sont des chapitres d'Anatomie comparée emboîtés les uns dans les autres et dont le dernier de chaque groupe contient un chapitre de Zoologie pure.

« Est-ce au moins une science mixte complétant l'une par l'autre celles dont elle prend les titres?

« Moins encore! Car ce qui manque à l'Anatomie comparée pour une connaissance entière de l'être et des êtres, c'est le lien de ces organes décrits séparément, dans l'individu qui les possède; or, la partie zoologique ne le donne pas puisqu'elle ne définit plus que les caractères extérieurs. Et ce qui manque à la Zoologie, pour cette même connaissance, c'est la conformation, la disposition, les rapports des organes internes dans chaque forme; or, les chapitres anatomiques ne l'indiquent pas, restant toujours dans le vague et l'impersonnel.

« L'étudiant arrive à la fin du chapitre des Mollusques, sans qu'on lui ait jamais expliqué comment est organisé, dans son ensemble, un quelconque de ces animaux; c'est cependant ce qu'il lui aurait fallu pour dissiper les brumes que laisse dans son cerveau le vague désespérant des descriptions abstraites. Il a besoin de grouper ces notions sans lien en un tableau où il puisse reposer sa vue sur un ensemble défini qui parle à l'imagination et, par suite, ait quelque chance de rester dans la mémoire.

« Aussi l'avons-nous vu souvent se livrer au travail fastidieux de prendre un animal et de rechercher, dans les chapitres anatomiques, tout ce que l'on dit de lui en citant son nom entre parenthèses à la suite de quelque courte indication de manière à se constituer un type au moins sur lequel il puisse reposer son esprit. Mais jamais il n'y arrive, car celui que l'on cite, à propos de l'appareil digestif, n'est plus cité quand on passe au système nerveux ou aux organes de la reproduction. Il n'arrive jamais que le même soit pris pour exemple à propos de toutes les fonctions, et l'étudiant se résigne, de guerre lasse, à prendre les choses comme il les trouve et à rester dans le vague des abstractions. Ce travail qu'il n'a pu faire, c'est à l'auteur de le faire pour lui. C'est à l'auteur à lui présenter les choses sous la forme où il le désire, où il a besoin qu'elles soient pour en avoir une notion précise et pour les retenir.

« Le défaut que nous signalons est commun à tous les ouvrages allemands que nous avons pu examiner. Il se trouve même dans cette admirable encyclopédie, le Thier-Reich de Bronn, où une pléiade d'auteurs de premier ordre ont fixé l'état actuel de nos connaissances zoologiques. L'étudiant qui, par une exception rare, se basarde à fouiller dans ce volumineux compendium y trouve les matières exposées avec plus de détails, mais toujours suivant le même plan. Il lui faut, pour trouver des notions concrètes, des descriptions anatomiques assises sur un être

réel, chercher dans les mémoires spéciaux, dans les monographies. Et vraiment il n'en a pas le temps.

« Nous avons longtemps vécu en France sur les traductions de ces ouvrages et cela n'a pas eu seulement l'inconvénient de nous imposer leurs défauts, mais celui bien plus grave de nous les faire accepter. Nous sommes devenus les esclaves de ce plan défectueux et, sauf exception tout à fait rare, les ouvrages publiés en France sont conçus dans le même esprit.

« On nous donne sous le titre de Zoologie des Anatomies comparées bâtardes, où l'Anatomie comparée et la Zoologie sont simplement fragmentées et juxtaposées. Ce n'est pas à dire que ces ouvrages ne puissent être fort bien faits. Il en est d'excellents dans leur genre. Mais nous affirmons que ce genre ne convient pas pour apprendre. Ce sont des livres que l'on peut lire avec intérêt, consulter avec fruit, mais où on ne saurait apprendre quand on ne sait pas déjà. Nous n'aurions jamais pris la plume si notre ambition eût pu être de faire mieux dans la même voie, car nous aurions pu ne pas réussir. Tandis que nous sommes sûr de rendre service en faisant autrement, en offrant à l'étudiant, comme nous le disions il y a un instant, les connaissances zoologiques sous la forme où il désire, où il a besoin qu'elles soient.

« Nous avons ainsi défini notre but; il nous reste à exposer maintenant les moyens par lesquels nous espérons l'atteindre.

« Le moyen le plus naturel serait évidemment de présenter une série de tableaux monographiques des êtres réels, c'est-à-dire des espèces. Mais les espèces ne diffèrent que par des caractères extérieurs très secondaires. Les genres voisins sont eux-mêmes si semblables que leur organisation intérieure diffère à peine. Il faut aller au moins jusqu'à la famille et, le plus souvent, jusqu'au sous-ordre pour trouver des différences d'organisations dignes d'être décrites dans un ouvrage qui, malgré son étendue, restera néanmoins élémentaire. Il semble qu'en choisissant dans chaque sous-ordre un être bien caractéristique, en le décrivant en lui-même complètement et en faisant connaître, par leurs différences avec ce type essentiel, toutes les autres formes du sous-ordre qui méritent d'être signalées, on ait à la fois les avantages d'une extension raisonnable, de descriptions précises des types essentiels servant de jalons, et d'une connaissance suffisante des formes secondaires. »

. . . .

« En cherchant dans chaque sous-ordre le type caractéristique à décrire à fond, nous nous sommes bien vite aperçu que souvent ce type n'existe pas. Ou bien il n'y a vraiment pas une forme réelle fondamentale dont les autres soient dérivées, ou bien il y en a plusieurs qui mériteraient à titre égal d'être choisies. En outre, il n'arrive pas toujours, tant s'en faut, que ces types aient été décrits entièrement par les auteurs. De l'un on n'aura étudié que tel ou tel système, de l'autre on ignore le développement. Il eût fallu à chaque instant, sous peine de laisser la description incomplète, ce qui ne se pouvait, mettre dans le corps d'un animal quelque système d'organes qui n'a été décrit que chez un autre plus ou moins différent. On eût eu de la sorte sous l'étiquette d'être réel, un être à demi idéal, n'ayant jamais existé dans la nature. Il vaut bien mieux dès lors rejeter ces demi-mesures et con-

stituer de propos délibéré et toujours, pour chaque sous-ordre, un type tel qu'il se dessine dans l'esprit de celui qui a la connaissance du groupe entier, et qui résume en lui ce qui est commun à toutes les formes réelles de ce groupe, ou qui se présente comme une forme initiale simple, dont les autres dériveraient par des complications progressives.

« Cet être qui, idéal ou réel, représente en tout cas la forme fondamentale à laquelle les autres se rattachent, nous l'avons appelé le *Type morphologique*. Nous l'avons décrit avec un soin particulier, faisant connaître à propos de lui tout ce qu'il est utile de savoir sur l'anatomie, la physiologie, l'embryogénie du groupe dont il est le chef. Puis nous avons décrit à sa suite les genres composant le groupe. »

. . . .

« Tel est le principe qui nous a guidés.

« Voyons comment l'application a pu en être faite.

« Il fallait définir non seulement les groupes d'ordre inférieur qui se décomposent immédiatement en genres, la famille ou le sous-ordre, mais aussi les groupes supérieurs, ordre, sous-classe, classe, qui, bien qu'ils se divisent en catégories imaginées par l'homme et non en êtres réels, n'en ont pas moins, eux aussi, leurs caractères, d'autant plus importants qu'ils sont plus généraux, et d'autant plus difficiles à définir qu'ils sont moins précis.

« Pour eux, plus encore que pour les groupes de genres, il fallait créer un type morphologique, presque forcément idéal, mais qui néanmoins donnât un corps et la vie à ce qui, sans cela, fût resté vague et abstrait. Nous avons donc établi dans le règne animal un type morphologique pour chaque embranchement, dans l'embranchement un pour chaque classe, dans la classe un pour chaque sous-classe, dans la sous-classe un pour chaque ordre et dans l'ordre un pour chaque sous-ordre; enfin dans chaque sous-ordre sont étudiés les genres qui le composent.

« Il ne nous semble pas douteux que cette méthode est plus profitable pour l'étude que celle des anciens ouvrages, mais nous voyons bien l'objection qu'une telle manière de faire va susciter.

« Vous reprochez aux autres, dira-t-on, de rester dans les abstractions et vous allez plus loin qu'eux encore en créant un type idéal; vous revendiquez le mérite d'être concret et vous êtes plus abstraits que ceux à qui vous reprochez ce défaut. . . .

« Mais concret ne veut pas dire réel. Un type peut être concret bien qu'il soit idéal. Qu'importe à l'étudiant, lorsqu'il lit une description précise avec l'indication de tous les organes et de leurs rapports, que l'être ainsi décrit existe réellement dans la nature ou qu'il représente seulement la moyenne, nous dirons presque le portrait composite d'un petit groupe d'êtres réels? L'idée qu'il se fera de l'être décrit et plus tard du groupe entier n'en sera ni moins précise ni moins juste. »

Parmi les innovations dont nous avons pris l'initiative dans cet ouvrage, il en est une sur laquelle je demande à attirer ici l'attention.

Dans toutes les sciences comportant une vaste nomenclature des objets

étudiés, il est évident qu'une terminologie régulière est une nécessité de premier ordre. Pourrait-on concevoir la chimie réduite, comme jadis, à donner à chaque corps un nom indépendant ne rappelant en rien ceux des corps du même groupe, ou à l'emploi de désinences imposées par l'habitude mais dont chacun ferait l'application qui lui convient? Ce serait le désarroi complet.

Or c'est la condition où se trouve actuellement la nomenclature zoologique. Nous avons des catégories parfaitement établies : classes, sous-classes, ordres, sous-ordres, tribus, familles, mais la désinence des noms latins de ces divers groupes est livrée à l'arbitraire le plus fâcheux. On dit par exemple : la classe des *Mollusca,* des *Aves,* des *Hydromedusæ;* la sous-classe des *Hirudenei,* des *Chætopoda;* dans la classe des *Arachnoidea,* les ordres portent les noms suivants : *Phalangida, Pedipalpi, Scorpionidea* et *Solifugæ;* de même dans les sous-ordres toutes les désinences se rencontrent : *Actiniaria, Physalidæ, Rhabdocœla, Sclerodermi, Levirostres* etc. Et, je le répète, chacun use de ces désinences à sa guise en ne tenant compte que des vagues exigences de l'euphonie.

Dans notre traité, nous avons adopté une règle uniforme :

la désinence	ia	pour les	classes,
	iæ	—	sous-classes,
	ida	—	ordres,
	idæ	—	sous-ordres,
	ina	—	tribus,
	inæ	—	familles,

en sorte qu'à la seule inspection d'un nom de groupe, on sait la valeur taxinomique qui lui est attribuée.

Cet ouvrage sera considérable, car il comprendra un volume pour chacun des dix embranchements du Règne animal, et plusieurs devront être dédoublés. Un d'eux l'a déjà été. Quatre volumes déjà ont paru, comprenant ensemble plus de 1 600 pages, près de 2 000 figures dans le texte et 125 planches en plusieurs couleurs, et donnant la description de près de 4 000 genres avec leurs synonymes et d'environ 170 types morphologiques ou genres types, plus ou moins détaillée suivant qu'ils représentent un groupe de plus ou moins grande importance, classe, sous-classe, ordre, sous-ordre, tribu. Depuis le commencement de la publication, chaque année régulièment, un volume a paru. Le 5e est sous presse et paraîtra prochainement.

Est-il utile de faire remarquer qu'un pareil travail impose à ses auteurs un labeur continu de plusieurs heures par jour et qui, pour moi, vient s'ajouter à celui de *L'Année biologique*, de mon enseignement et de mes recherches personnelles et de la direction de mon laboratoire et de mes élèves?

Un ouvrage de ce genre ne saurait ni s'analyser ni se résumer. L'œuvre personnelle consiste dans le choix d'une classification et dans la manière dont on conçoit la dérivation des groupes. La table méthodique des 4 voleurs parus, reproduite dans la 2ᵉ partie de cette notice (voy. pag. 211 à 224), pourra donner une idée de ce choix et de cette conception. A cela s'ajoutent, de-ci, de-là, de véritables petits mémoires originaux à l'occasion de telle ou telle question obscure ou discutée pour laquelle est proposée une solution nouvelle du problème.

A B

Fig. 17. — Anguille nageant. A, en avant; B, à reculons.

Pour donner une idée de ce dernier genre de travail, je citerai celui qui occupe les pages 305 à 312 du 1ᵉʳ volume. Voici de quoi il s'agit.

Parmi les Protozoaires, un grand nombre ont pour appareil locomoteur un flagellum, c'est-à-dire un appendice filiforme longuement effilé et mobile, qui prolonge leur corps en arrière à la manière d'une queue. Les spermatozoïdes de la plupart des animaux se meuvent aussi au moyen d'une

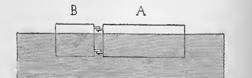


Fig. 18. — Appareil pour la démonstration de la natation de l'anguille.

queue semblable. La manière dont cet appendice peut les pousser en avant est facile à concevoir. Il suffit qu'il décrive des inflexions alternatives à droite et à gauche. Ces inflexions sont ondulatoires comme celles de la queue d'une anguille, c'est-à-dire que la queue se dispose en segments successifs infléchis alternativement à droite et à gauche. Or la condition pour que le mouvement se fasse la tête en avant est que chaque segment

infléchi de la queue soit plus long que celui qui le suit (fig. 17 A). Il en est ainsi chez l'anguille et chez tout poisson nageant à l'aide de sa queue et il est facile d'en donner la preuve expérimentale.

Prenez deux planchettes rectangulaires A, B (fig. 18), de même hauteur, mais l'une plus longue que l'autre, et articulez-les l'une à l'autre au moyen d'une charnière par deux des petits côtés des rectangles. L'appareil convenablement lesté peut flotter à demi immergé. Si l'on ajuste sur lui un mouvement d'horlogerie produisant des inflexions alternatives à droite et à gauche (fig. 19), l'appareil se met en mouvement, la grande planchette en avant. C'est le principe de la godille : la rame doit être moins longue que le bateau. Quand l'anguille nage à reculons, elle dispose les inflexions de sa queue de telle sorte que chaque segment est plus court que celui qui le suit, mais c'est une disposition anormale et que l'animal ne peut maintenir qu'un instant (fig. 17, B).

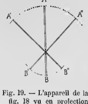


Fig. 19. — L'appareil de la fig. 18 vu en projection sur un plan horizontal.
A, B, position moyenne ; A' B', position extrême gauche ; A", B", position extrême droite.



Fig. 20. — Un Infusoire flagellé montrant la partie antérieure de son corps avec le flagellum locomoteur.
p, point d'insertion du flagellum.

Il résulte de là qu'un flagellum est un instrument apte à *pousser* en avant le corps qui le précède, mais incapable de *tirer* le corps à sa suite si celui-ci était derrière lui. C'est cependant ce qui a eu lieu chez toute une classe de Protozoaires, les Infusoires flagellés dont le flagellum locomoteur est en avant et tire le corps (fig. 20).

Quel est le mouvement de ce flagellum? Tout ce qu'on sait, ces animaux étant parmi les plus petits que le microscope puisse montrer, c'est que le flagellum semble tournoyer en hélice.

Un des zoologistes qui ont fait le plus pour la connaissance des Protozoaires, Bütschli, admet que l'Infusoire dispose son fouet en hélice et le fait tourner comme une hélice véritable. Il est évident que dans ce cas le corps doit être entraîné comme serait un navire mû par une hélice située à l'avant. Mais ce mouvement facile à réaliser dans nos machines est impossible pour un organisme, car le fouet est, à sa base, en continuité de tissu avec le corps et cette continuité s'oppose à une rotation vraie de plusieurs tours. Quand nous faisons tournoyer le bras autour de l'épaule, la main ne décrit pas une

rotation vraie. Il faudrait pour cela que la face palmaire regardât successivement en bas, à droite, en haut, à gauche et ainsi de suite indéfiniment, ce qui n'a pas lieu et ne saurait avoir lieu. La main fait face toujours à la même direction et décrit un mouvement de *translation circulaire* et non de *rotation* (fig. 21).

Ce mouvement de translation circulaire appliqué au flagellum de notre Infusoire est incapable de le faire progresser. Si on suppose qu'un navire ait une hélice invariablement fixée au bout de son arbre de couche et que cet arbre de couche, au lieu de tourner dans ses coussinets, soit articulé avec l'étambot et décrive un mouvement conique sans rotation vraie, comme celui du bras autour de l'épaule, l'hélice entraînée dans ce mouvement ne mettra pas le navire en marche. Par là je veux dire, non que la disposition sera simplement défectueuse, mais que l'hélice ne fera naître aucune force résultante horizontale si petite que ce soit.



Fig. 21. — Mouvement de translation conique du bras autour de l'épaule sans rotation continue. La face palmaire reste tournée vers le bas pendant toute la durée du mouvement.

Mais dans le cas de l'Infusoire, complètement immergé, ovoïde, libre dans l'eau, ce mouvement de translation conique du fouet produira d'une manière indirecte l'entraînement du corps et voici comment. Le fouet en se mouvant pressera sur l'eau toujours dans le même sens et déterminera une réaction de sens inverse qui fera tourner d'une rotation vraie, cette fois, tout le système, corps et fouet, autour de son axe longitudinal en sens inverse du mouvement du fouet par rapport au corps ; et, par suite de cette rotation, le flagellum, contourné en hélice une fois pour toutes, *se vissera* dans l'eau et entraînera le corps à sa suite.

J'ai cherché à trouver la démonstration mathématique de ces diverses propositions et je reproduis ci-dessous la démonstration que j'en ai donnée. Elle paraîtra certainement bien lourde et bien incomplète, aux personnes pour qui elle eût été un jeu, grâce aux ressources du haut calcul. Je n'avais à ma disposition que celles des mathématiques élémentaires. *Feci quod potui.*

« Sans prétendre fournir la démonstration mathématique complète de ces assertions, nous pouvons leur donner ici un peu plus de précision.

« Établissons bien d'abord la différence des deux mouvements que nous distinguons. Dans le mouvement de tournoiement du bras si le dos de la main est tourné, je suppose, vers le ciel (fig. 21), il gardera cette orientation, à quelques degrés près, pendant toute la durée du mouvement, tandis que si le bras tournait à la ma-

nière d'une hélice de navire, la face dorsale regarderait successivement en haut, en arrière, en bas, en avant, etc.; et la face palmaire tournée vers l'axe regarderait toujours cet axe, mouvement qui, nous le répétons, est impossible chez les êtres organisés. Transportons ces notions chez le Flagellé armé de son flagellum (fig. 22). Si cet appendice (af) est linéaire et rectiligne, il n'y aura aucune différence frappante entre les deux sortes de mouvements. Dans l'une comme dans l'autre il se trouvera après un demi-tour, en $a\,f'$ symétrique de af par rapport à $a\,x$. Mais si af porte d'un côté un appendice mn incliné sur af vers ax dans le plan afx, dans le mouvement rotatoire vrai réalisé dans nos machines, amn tournera autour de af en même temps qu'autour de ax, car il est lié au rayon vecteur xm et, après un demi-tour, mn aura la position de $m'n'$ symétrique de mn par rapport à ax; au contraire, dans le mouvement comparé à celui du bras de l'homme, amn tournera autour de ax, sans tourner autour de af, mn restera toujours tourné du même côté de l'espace et, après un demi-tour, aura la position $m'\;n''$ symétrique de $m'\,n'$ par rapport à af'. Pour les distinguer brièvement, nous appellerons ces deux sortes de mouvements : la première, *rotation conique;* la seconde, *translation conique*, et nous allons maintenant montrer que la translation conique d'un flagellum béliçoïdal ne saurait produire un entraînement du système dans la direction verticale, tandis qu'une rotation conique de ce même flagellum produirait cet entraînement.

Fig. 22.

« Les différents points du flagellum décrivant des cercles horizontaux, il faut pour que ce mouvement puisse donner naissance à des composantes verticales, qu'il renferme des segments non horizontaux et formant avec la direction de la vitesse, c'est-à-dire avec les tangentes à la trajectoire, un angle > 0 et $< 90°$, car un segment horizontal ou vertical ne donnerait lieu qu'à des réactions horizontales.

« Considérons donc, dans les deux sortes de mouvements, les réactions développées par un élément mn du flagellum ayant l'obliquité indiquée.

« 1° *Cas de la translation conique* (fig. 23 à 25). — Si l'on examine les positions que prend mn pendant un tour complet, on voit que, partant du point 0 où il est dans le plan du papier et fait un angle φ avec la génératrice, il décrit sa trajectoire en maintenant l'angle φ invariable. Son angle α avec le plan horizontal que dessine la trajectoire de m, diminue de 0 à π où il prend la valeur $\alpha - \rho$ (ρ étant l'angle du cône) et augmente de π à $2\,\pi$ où il reprend la valeur α. Par contre, l'angle ω que fait mn avec la direction de la vitesse en chaque point (direction représentée par mt tangente à la circonférence en ce point) varie de la manière suivante : aux points 0 et π il est de 90°, entre 0 et π il diminue d'abord, puis augmente, entre π et $2\,\pi = 0$, il augmente, puis diminue. Une courbe sinusoïdale ayant pour axe la cote de 90 degrés donnerait une idée de sa variation (fig. 26).

« Si l'on examine quelle est la poussée de mn sur l'eau aux différents points du mouvement, on voit qu'en un point quelconque A (fig. 23, 24), elle est proportionnelle en grandeur à mn sin. ω; d'autre part, sa direction est donnée par une per-

pendiculaire *mn*, élevée dans le plan *mnt* que forme la droite avec la tangente. La

Fig. 23.

Fig. 24. Détail de la fig. 23 au point A.

Fig. 25. — Détail de la fig. 23 au point A'.

réaction peut donc être représentée par cette perpendiculaire, placée si l'on veut au point *m*, et ayant pour longueur $mf = np = mn$ sin. ω. Cette force, étant perpendiculaire à *mn*, est oblique comme elle par rapport à la verticale ; elle a donc une composante verticale.

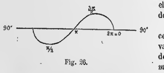


Fig. 26.

« Si l'on élève une verticale en *m*, cette composante sera *mv* ayant pour valeur *mf* cos. β, en appelant β l'angle de *mf* avec *mv*, et l'on aura :

$mv = mn$ sin. ω cos. β.

« Pour discuter cette formule, il nous reste à examiner la variation de l'angle β et pour cela il nous faut voir quelles sont les inclinaisons successives que prend la perpendiculaire *mf*.

« Au point 0, cette droite se confond avec la tangente mt et est horizontale, il en est de même en π. Entre 0 et π elle s'élève peu à peu sur l'horizontale, passe par un maximum vers $\pi/2$, puis s'abaisse de nouveau jusqu'à l'horizontale. Entre π et 2π elle est située au-dessous de l'horizontale, formant avec le plan horizontal mx un angle qui d'abord s'accroît, passe par un maximum vers $3\pi/2$ et diminue ensuite pour tomber dans ce plan en $2\pi = 0$.

« Les valeurs successives de β et de son cosinus sont donc :

en 0 :	$\beta = 90°$	$\cos.\ \beta = 0$
de 0 à π :	$\beta < 90° > 0°$	$\cos.\ \beta > 0$
en π :	$\beta = 90°$	$\cos.\ \beta = 0$
de π à 2π :	$\beta > 90° < 180°$	$\cos.\ \beta < 0$

« La variation de β peut être aussi figurée par une courbe de la forme de celle que représente la figure 26.

« Mais tandis que, ω passant par toutes les valeurs entre un minimum $> 0°$ et $< 90°$ et un maximum $> 90°$ et $< 180°$, sin. ω a toujours une valeur positive, on voit que cos. β est positif de 0 à π et négatif de π à 2π.

« Donc le produit mn sin. ω cos. β sera positif de 0 à π et négatif de π à 2π.

« Cela veut dire que la composante verticale mv est ascendante pendant un demi-tour et descendante pendant le reste du tour, qu'elle tend à entraîner le système en haut pendant un demi-tour et en bas pendant le second demi-tour, à défaire pendant celui-ci ce qu'elle a commencé pendant celui-là.

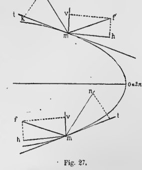


Fig. 27.

« En comparant deux à deux les positions de mn entre 0 et π avec leurs symétriques d'entre π et 2π par rapport, non au centre du cercle, mais au diamètre 0π, il est facile de voir que mn prenant des inclinaisons égales et symétriques de part et d'autre de ce diamètre, les valeurs absolues de sin. ω et de cos. β sont les mêmes, et que, par suite, les valeurs positives et négatives de mv s'annulent deux à deux. Donc le système n'aura aucun mouvement vertical continu (1).

« 2° *Cas de la rotation conique* (fig. 27). — Dans ce cas, la construction au point

(1) On pourrait croire, à première vue, que le système pourra recevoir une propulsion latérale des composantes horizontales mk ou une rotation autour de l'axe 0π de la part du couple $+ mv$ (en A, fig. 23 et fig. 24) et $- mv$ (en A', fig. 23 et 25), mais en considérant une hélice entière au lieu du seul segment mn on verra qu'à chaque moment et pour chaque segment, ces forces sont détruites par les forces correspondantes déterminées par les segments situés dans le même plan vertical et qui ont au même moment une inclinaison inverse.

quelconque A est évidemment la même et l'on a encore $mv = mn$ sin. ω cos. β, mais la variation des angles pendant la rotation est tout autre. Le segment mn ayant quelque part (comme cela est forcé pour toute hélice) (1) par rapport à la verticale et à la direction de la vitesse donnée par la tangente, la double inclinaison indiquée conserve pendant la révolution entière cette même inclinaison, puisqu'elle est liée en même temps que la tangente au rayon vecteur xm; en particulier, en aucun point elle ne pourra prendre une direction perpendiculaire à la tangente comme dans le cas précédent aux points 0 et π, ni s'incliner au-dessous de l'horizontale comme dans le cas précédent entre π et $2\,\pi$. Il en résulte que cos. β est toujours positif, que mv est toujours ascendant et que le système est entraîné vers le haut.

« Tout cela d'ailleurs n'est que le développement de cette idée presque évidente à priori qu'une hélice ne saurait avancer sans tourner autour de son axe, qu'elle n'avancera pas en tournant autour d'un autre axe que le sien, si ce mouvement ne comporte aucune rotation continue autour de son axe à elle (ce qui est le cas du mouvement que nous avons appelé translation conique), et qu'enfin elle avancera, quel que soit le mouvement compliqué qu'on lui imprime, si ce mouvement comporte, entre autres éléments, une rotation autour de son axe à elle, dans un sens constant, comme c'est le cas dans le mouvement que nous avons qualifié de rotation conique.

« Il résulte de là que le seul mouvement qui pourrait entraîner le Flagellé en avant, est celui qui est incompatible avec sa structure.

« Cependant, le Flagellé se meut, et l'observation montre qu'il avance en tournant et en faisant tournoyer son flagellum. L'analyse objective de son mouvement vrai est à peu près impossible. Posons-nous donc seulement la question suivante : imaginer un mouvement du flagellum possible pour l'animal et capable de l'entraîner en avant.

« Ce mouvement existe et il n'est autre que celui de translation conique que nous avons analysé. Nous venons de voir qu'il n'a aucun effet direct d'entraînement : montrons maintenant qu'il a cet effet d'une manière indirecte.

« Reportons-nous aux figures 23, en A, ou 24. Nous avons vu que la réaction oblique mf a une composante verticale mv. Mais celle-ci implique une composante horizontale mh située à l'intersection du plan horizontal xmt et du plan fvm déterminé par la résultante et par la première composante choisie. A son tour, mh peut être décomposée dans le plan horizontal en deux composantes dont une latérale qui n'a pas d'intérêt dans la question et une mr suivant la tangente, mais en sens inverse de la vitesse mt.

« Cette dernière force n'est autre chose que la réaction horizontale du mouvement. Elle a pour effet d'entraîner dans un mouvement de rotation pure autour de ax l'ensemble du système formé par le flagellum et par le corps de l'ani-

(1) C'est le contraire dans le cas de la translation conique. Tout segment mn de l'hélice représentée par le flagellum au repos a la double inclinaison requise. Tandis que dans la translation conique, lorsque ce flagellum s'incline et se met à tourner du mouvement indiqué, comme il reste toujours orienté du même côté de l'espace, il passe nécessairement par deux positions où il est perpendiculaire à la tangente qui, elle, regarde successivement tous les azimuths. Dans notre figure 23 nous avons placé ces deux positions diamétralement opposées dans le plan du papier.

mal. Il en résulte que le flagellum, en tournoyant d'un mouvement de translation conique autour de *ax*, prend appui sur le corps et le repousse dans un mouvement de rotation pure de sens inverse, dans lequel il est lui-même entraîné.

« Dès lors, si le flagellum se trouve, une fois pour toutes, contourné en hélice (hélice conique probablement), cette hélice, en tournant autour de son axe, se déplacera le long de cet axe et entraînera le corps à sa suite. Pour changer le sens de son mouvement et reculer au lieu d'avancer, l'animal n'aurait qu'à changer, soit le sens d'enroulement de l'hélice de son flagellum, soit le sens dans lequel il fait tournoyer cet organe.

« Il est à remarquer que, dans ce flagellum héliçoïdal, tous les segments ont précisément cette obliquité que nous avons reconnue nécessaire à *mn* pour engendrer les réactions décrites.

« Disons enfin, pour terminer, que notre explication est non seulement possible mais probable, car elle correspond à ce que montre l'observation, savoir : un flagellum contourné en hélice, un mouvement giratoire de ce flagellum et une rotation totale de l'animal en sens inverse de son flagellum, rotation affirmée par Bütschli lui-même.

J'arrive maintenant à mon dernier travail, entrepris en application de l'idée développée dans la préface de mon livre sur l'Hérédité et les grands problèmes biologiques et qui est non de chercher à combler au hasard les lacunes de nos connaissances, mais de concevoir par des méditations prolongées les expériences qui permettent de trancher les questions situées aux points de croisement des théories et dont la solution permettra de reconnaître laquelle il faut suivre, de celles qui divergent de ce point commun.

Ce travail se compose de deux parties publiées successivement et qui ne sont que le commencement d'une série de recherches. Elles ont pour titre : la première,

Études sur la Mérogonie

(8°, 35 p., 12 fig., 1899) ;

la seconde,

Sur l'interprétation de la fécondation mérogonique et sur une théorie nouvelle de la fécondation normale

(8°, 17 p., 1899).

L'œuf est une cellule et, comme toute cellule, se compose d'une masse de protoplasma, le *cytoplasme*, et d'un *noyau* contenant un nombre fixe de

bâtonnets formés d'un protoplasma spécial, colorable, et appelés *chromosomes*. Ce spermatozoïde est essentiellement constitué comme l'œuf; il a le même noyau avec les mêmes chromosomes, mais son cytoplasme est réduit à une parcelle minime et il possède en outre une queue qui lui donne la mobilité, mais qui tombe au dernier moment et ne participe pas à la fécondation (1). .

Une succession de belles découvertes, faites tant en France qu'à l'étranger, a montré que, dans la fécondation, la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf est suivie de la fusion des noyaux mâle et femelle en un noyau unique au sein du cytoplasme ovulaire. Cette fusion de deux noyaux est actuellement considérée comme l'acte essentiel de la fécondation, celui dont la consommation rend possible le développement d'un nouvel être.

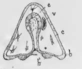


Fig. 28. — Larve d'Oursin (*Echinus*) provenant de fécondation mérogonique.

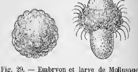




Fig. 29. — Embryon et larve de Mollusque (*Dentalium*) provenant de la fécondation mérogonique.

Dans mes expériences de Mérogonie, je prends un œuf non fécondé, je le coupe en deux sous le microscope et constate la présence du noyau dans une des deux moitiés et son absence dans l'autre, et je soumets les deux moitiés à la fécondation. Elles sont l'une et l'autre fécondées et se développent l'une et l'autre en une larve normale. Voilà le fait!

Je l'ai constaté chez les Oursins (fig. 28), les Mollusques (fig. 29) et les Vers (fig. 30), c'est-à-dire dans trois embranchements du Règne animal, en sorte qu'il y a des raisons de croire qu'il est général.

Il résulte de là que la fusion des deux noyaux mâle et femelle n'est pas nécessaire au développement d'un nouvel être et que la substitution d'un noyau mâle au noyau femelle dans le cytoplasme ovulaire suffit.

Je n'entends pas dire par là que ce qu'on a vu dans la fécondation normale soit faux, mais simplement que le phénomène le plus frappant dans

(1) Je néglige à dessein le centrosome, organe fort important cependant, malgré son extrême petitesse, parce qu'il est accolé au noyau et que son sort est intimement lié à celui de ce dernier, en sorte que *noyau* signifie ici *noyau plus centrosome*.

la fécondation normale, la fusion des deux noyaux, que l'on considérait avec toute apparence de raison comme la condition essentielle du développement d'un nouvel être, n'a pas ce caractère, et que la condition essentielle est la présence d'un noyau mâle dans un cytoplasma femelle.

Tandis que, de France et de l'étranger, je recevais, de personnes ayant travaillé elles-mêmes à des recherches sur la fécondation, des lettres confirmant l'importance et la signification de ces résultats, des objections ont été soulevées par deux naturalistes.

L'un d'eux déclare que ce que j'appelle cytoplasme ovulaire n'est pas du *cytoplasme pur*, mais une substance mixte contenant à l'état dissous ou dispersé des substances d'origine nucléaire, par suite des échanges osmotiques entre le noyau et le cytoplasme et par suite de la résorption de l'ovocentre pendant la maturation de l'œuf. A quoi j'ai répondu qu'à ce compte il n'y avait nulle part au monde de cytoplasme pur, puisque, depuis qu'il y a des cellules, leur cytoplasme a toujours eu des échanges de cette nature avec le noyau, et que, depuis qu'il y a des œufs, leur centrosome s'est toujours résorbé dans le cytoplasme; en sorte que le cytoplasme mixte de mon contradicteur, c'est le cytoplasma pur de tout le monde et que son cytoplasma pur n'existe pas.

Fig. 30. — Embryon et larve d'Annélide (*Lanice*) provenant de la fécondation mérogonique.

Pour le second de mes contradicteurs, qui est ce même naturaliste qui avait décrit la fixation de la Sacculine sur l'abdomen des Crabes pendant leur accouplement, la mérogonie ne serait autre chose que de la parthénogénèse mâle. La réponse n'est pas moins aisée qu'à l'objection précédente.

On appelle fécondation la fusion des éléments sexuels mâle et femelle complets; on appelle parthénogénèse le développement d'un nouvel être aux dépens d'un seul des deux éléments sexuels sans intervention de l'autre. La mérogonie montre le développement d'un nouvel être après fusion de l'élément mâle dans une partie de l'élément femelle.

La mérogonie n'est donc pas la fécondation normale complète, puisqu'il lui manque le noyau ovulaire; elle n'est pas davantage la parthénogénèse mâle puisqu'elle a en plus le cytoplasme ovulaire. Elle est quelque chose d'intermédiaire; elle est une fécondation partielle: c'est pour cela que je l'ai appelée *mérogonie*: de μέρος, partie; γονή, génération.

Sans être vraiment de la parthénogénèse, elle pourrait n'en pas différer essentiellement s'il était démontré que le cytoplasma ne joue dans le phé-

nomène que le rôle d'une substance alimentaire. Mais mon contradicteur n'a pas démontré qu'il en soit ainsi et il ne le démontrera pas. Il suffit donc d'un instant de réflexion pour le comprendre. Un quart d'heure, en effet, après la fécondation mérogonique, l'œuf s'est divisé en deux cellules parfaites que rien, sauf la taille, ne distingue de celles provenant d'un œuf intact et légitimement fécondé. Ces deux cellules sont d'apparence tout à fait normale. Elles ont un noyau entouré d'une masse notable de cytoplasme. Ce cytoplasme vient de l'ovule, car si le spermatozoïde en a apporté une parcelle, cette parcelle est je ne sais combien de millions de fois plus petite que la masse que nous avons là sous les yeux. Et l'on voudrait que, dans ces cellules, ce qui a la position et l'aspect d'un cytoplasme normal, qui se comporte, se divise comme du cytoplasme normal, ne soit pas le vrai cytoplasme de ces cellules, mais une substance alimentaire sans dignité et sans rôle actif dans le développement. Qu'il soit permis de dire, avant d'admettre un tel paradoxe, qu'il faut fournir à son appui autre chose qu'une pure affirmation. Ai-je besoin d'ajouter que l'opinion de mon contradicteur n'a pas trouvé d'écho. Pour montrer ce qu'en pensent les gens compétents qui se sont occupés de la question, je citerai ce qu'en dit le professeur Apathy dans une lettre qu'il m'écrit : « Mir war die Absurdität einer solchen Auffassung stets bewusst » (1).

Après avoir déblayé le terrain de ces objections dont on trouvera la réfutation détaillée dans le second de mes deux mémoires relatif à ce sujet, je reviens à l'indication des résultats de mes expériences.

Ayant réussi à féconder un fragment de cytoplasme ovulaire représentant en volume la moitié environ de l'œuf complet, j'ai voulu voir jusqu'à quelle limite de taille des fragments plus petits pourraient être fécondés. J'ai pu, chez l'Oursin : 1°, obtenir d'un même œuf trois larves, dont deux provenant de fragments sans noyau; 2°, obtenir une larve d'un fragment sans noyau représentant en volume 1/37e du volume de l'œuf total, en sorte que l'on pourrait chez cet animal obtenir 37 larves d'un même œuf, et même plus probablement.

J'ai montré en outre qu'il existe une maturation cytoplasmique distincte de la maturation nucléaire; que l'attraction sexuelle, qui fait que les spermatozoïdes sont attirés vers l'œuf, n'a pas son siège dans le noyau; que la fécondation mérogonique est possible entre produits sexuels hybrides; mais

(1) Mon contradicteur a cherché aussi à contester la nouveauté de mes résultats. Je ne veux pas insister ici sur une question de revendication de priorité. On trouvera à la partie documentaire le résumé de cette discussion.

que le cytoplasme sans noyau se défend aussi bien que l'œuf entier contre une hybridation trop aberrante.

Mais de tous les résultats secondaires de mes expériences, le plus intéressant peut-être est celui qui est relatif aux chromosomes.

Les chromosomes sont de petits bâtonnets de substance protoplasmique nucléaire et sont ainsi nommés parce qu'ils sont avides de teintures colorantes; ils se trouvent dans le noyau de toutes les cellules de l'organisme, en nombre fixe pour chaque espèce. Ce nombre varie de 2 à plusieurs centaines; chez l'Oursin que j'ai étudié, il est de 18. A chaque division cellulaire, ils se fendent *en long*, et chaque cellule fille en reçoit autant qu'en avait la cellule mère.

S'il en est ainsi, dans la fécondation, chez une espèce ayant n chromo-

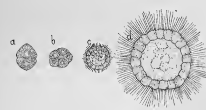


Fig. 31.

a, *b*, *c*, trois stades successifs du développement d'une larve mérogonique d'Oursin, provenant d'un fragment d'œuf égal à 1/37 de l'œuf total; *d*, larve provenant d'un autre fragment beaucoup plus gros et nucléé du même œuf.

somes, le spermatozoïde et l'œuf apportant chacun n chromosomes, l'œuf fécondé doit en contenir $2n$ et chacune de ses cellules filles $2n$ également, en sorte que le nombre devrait doubler à chaque génération. Cependant il reste fixe! Cela tient à ce que les produits sexuels subissent avant d'être mûrs une série de modifications constituant la *maturation nucléaire* et qui ont pour résultat de réduire chez les produits mûrs le nombre de chromosomes à $\frac{n}{2}$. Dès lors, dans la fécondation normale, ce nombre devient $2 \times \frac{n}{2} = n$: le nombre caractéristique de l'espèce se trouve rétabli.

Mais que va-t-il se passer dans la fécondation mérogonique?

L'Oursin ayant 18 chromosomes, son spermatozoïde mûr en a 9 seulement, et comme ici le noyau ovulaire est supprimé, l'œuf n'en apporte

point. L'œuf ayant subi la fécondation mérogonique n'en reçoit donc que 9 et la larve qui en provient 9 aussi par cellule, c'est-à-dire $\frac{n}{2}$, en sorte que le nombre devrait diminuer à chaque génération mérogonique.

J'ai cherché à vérifier le fait et, malgré la difficulté extrême de faire subir à des objets aussi petits que ces larves les manipulations multiples nécessaires pour mettre les chromosomes en évidence, j'y ai réussi à l'aide d'une technique particulière et j'ai constaté, contrairement à toutes les prévisions possibles, que le nombre des chromosomes était normal, c'est-à-dire 18 ou n.

Que s'est-il donc passé?

Les chromosomes n'existent pas dans le noyau en tant qu'éléments indépendants à tous les stades de la vie de la cellule. Ils ne se montrent qu'au moment de la division. Pendant les intervalles de la division, ils se soudent bout à bout en un long filament continu, et à chaque division le filament se recoupe en autant de chromosomes que l'espèce en comporte. Eh bien, il est arrivé ceci : l'œuf n'avait que 9 chromosomes, mais comme l'espèce en comporte 18, à un moment donné le filament s'est recoupé en 18 chromosomes tout comme si l'œuf en avait reçu 18.

Ce résultat n'a pas simplement son intérêt comme question de fait. Il a une haute importance théorique. On admettait, en effet, de divers côtés que les chromosomes ont une individualité distincte, une personnalité propre et on leur faisait jouer, dans certaines théories qui ont fait beaucoup de bruit, en particulier dans la théorie magistrale de Weismann, un rôle capital dans le transfert des caractères héréditaires, dans la ressemblance avec tel ou tel ancêtre proche ou éloigné et dans la variation.

Or mes expériences montrent que les chromosomes ne sont pas des individualités distinctes, qu'ils ne se retrouvent pas identiques à eux-mêmes à travers les manipulations multiples qu'ils subissent dans la cellule à chaque division et qu'ils ne sont en somme que de petites masses quelconques du protoplasma chromatique nucléaire.

Mes expériences de mérogonie m'ont conduit enfin à une théorie qui fait voir sous un jour nouveau la fécondation normale.

Chez divers animaux, Grenouilles, Poissons, Insectes, on est arrivé à déterminer le développement parthénogénétique de l'œuf en le soumettant à des excitations diverses de nature d'ailleurs très brutale, brossage, courte immersion dans l'acide sulfurique ou le sublimé.

D'autre part, on sait que les solutions salines de divers métaux ont sur l'organisme des actions fort diverses. En général, les solutions calciques sont coagulantes et inhibitrices, c'est-à-dire s'opposent à la manifestation des actions vitales, tandis que les solutions anticoagulantes, comme celles des sels de Potassium, de Sodium et surtout de Magnésium, sont excitantes. Ainsi les contractions musculaires s'arrêtent si on place le muscle dans une solution calcique; elles reprennent si on le place dans une solution magnésienne. Lœb a montré que les solutions inhibitrices s'opposent aussi au développement, le retardant ou l'empêchant, tandis que les solutions excitantes le favorisent et l'accélèrent. Il a même réussi à déterminer une solution magnésienne si favorablement dosée que les œufs d'Oursins s'y développent parthénogénétiquement, sans fécondation.

On voit par là que l'œuf non fécondé ne se développe pas dans le milieu normal, insuffisamment excitant, qui pour l'Oursin est l'eau de mer; mais que dans un milieu suffisamment excitant il se développe. D'autre part, mes expériences de mérogonie ont montré que ce même œuf d'Oursin se développe dans son milieu normal lorsqu'on a *substitué* dans l'œuf un noyau mâle au noyau femelle. Cela prouve que le milieu normal est suffisamment excitant pour l'œuf après cette substitution. D'où cette conclusion que l'œuf normal non fécondé ne se développe pas dans son milieu normal parce qu'il a un noyau trop peu excitable pour se développer en ce milieu peu excitant, tandis que l'œuf contenant un noyau mâle substitué au sien se développe dans ce même milieu peu excitant parce qu'il renferme un noyau suffisamment excitable. D'où enfin cette définition nouvelle et physiologique de la fécondation. C'est l'apport au cytoplasma ovulaire d'un noyau mâle suffisamment excitable pour que l'ensemble se développe dans son milieu naturel.

Dans la fécondation normale, il y a fusion des deux noyaux, infusion de substance excitable dans la substance inerte pour relever son excitabilité; dans la fécondation mérogonique, il y a substitution totale du noyau actif au noyau inerte. Cela explique le résultat paradoxal de mes premières expériences où je constatais, parfois, un plus grand nombre de succès dans les œufs mérogonisés que dans les œufs témoins, malgré les effets forcément nuisibles du traumatisme opératoire chez les premiers. C'est parce qu'ici la substance active mâle n'est pas diluée dans la substance femelle inerte.

Dans une courte note sur

Le Peltogaster endoparasite et la fixation des Cypris de Sacculine

(8°, 2 p., 1900),

j'ai fourni une confirmation de mes travaux sur l'évolution de la Sacculine en signalant la découverte par Schimkevitch d'un stade endoparasite chez le Peltogaster proche parent de la Sacculine, et j'ai communiqué l'observation résumée plus haut (p. 13) sur une Cypris fixée à la grève, en dehors des conditions expérimentales plus ou moins artificielles, et ayant donné naissance sous mes yeux à une Sacculine.

J'ai fini et n'ai plus qu'à résumer les titres que je crois avoir aux suffrages de l'Académie.

RÉSUMÉ

Je ferai remarquer que mes recherches ont porté sur des points très divers du domaine biologique, et cela par suite d'un plan arrêté que j'ai suivi avec fermeté, et qu'elles ne comprennent pas d'innombrables notes où les sujets ne soient qu'effleurés, mais consistent principalement en un nombre modéré de mémoires où les questions abordées ont été creusées autant qu'il m'a été possible.

Je les rappellerai brièvement, en les groupant maintenant par catégories et en indiquant leur titre abrégé et les principaux résultats obtenus. Certains travaux, ayant porté sur plusieurs catégories de recherches, s'y trouvent forcément mentionnés à l'occasion de chacune d'elles.

ZOOLOGIE DESCRIPTIVE

Cynthiadées des côtes de France (323 p., 20 pl. en couleurs. En collaboration avec M. de Lacaze-Duthiers). — Description détaillée des espèces des côtes de la Manche. Établissement de deux genres nouveaux.

Chætoptère des côtes de Normandie (1 p.). — Signalé son abondance extrême dans certaines conditions.

Relations du Congre et du Leptocéphale (2 p.). — Montré que le Leptocéphale est la larve du Congre.

Sur la place des Spongiaires dans la classification (3 p.). — *Les larves des Spongiaires et l'homologation des feuillets* (3 p.). — *On sponges* (5 p.). — Montré que, comme conséquence de mes recherches sur l'embryogénie de ces animaux, il fallait renoncer à les considérer comme des Cœlentérés, et en faire un embranchement à part.

ANATOMIE ET HISTOLOGIE ANIMALES

Circulation des Crustacés Édriophthalmes (176 p., 12 pl. en coul., grand prix des sciences physiques). — Décrit et figuré l'appareil circulatoire de 15 genres, montré qu'il était beaucoup plus développé qu'on n'avait soupçonné, indiqué un caractère nouveau et général de cet appareil.

Circulation et respiration des Mysis (16 p., 1 pl.). — Décrit en détail l'appareil circulatoire, montré que la carapace sert d'organe branchial.

Évolution de la Sacculine (320 p., 9 pl.). — Décrit et figuré toute l'organisation et la structure microscopique de tous les organes, découvert le système nerveux, montré le mode de fonctionnement des glandes chitinogènes, lequel s'applique à tous les Crustacés qui ont des sacs à œufs.

Système nerveux du Peltogaster (20 p., 1 pl.). — Découvert, décrit et figuré le système nerveux.

Études histologiques sur les Planaires acèles (52 p., 2 pl.). — Découvert, décrit et figuré le système nerveux qui était non seulement inconnu, mais déclaré absent, bien que ces êtres aient fait l'objet de recherches très étendues et toutes récentes. Décrit et figuré la structure de tous les tissus et organes, sauf les organes génitaux laissés de côté.

Baleinoptère de Langrune (152 p., 21 pl. doubles). — Décrit et figuré l'extérieur, le squelette, les rapports exacts du bassin rudimentaire, le vaste peaussier ventral, la disposition des voies spermatiques, la structure du pénis, découvert ses muscles moteurs, décrit et figuré la structure et le mode de formation des fanons.

Anatomie des Cynthiadées (16 p., 1 pl. En collab. avec M. de Lacaze-Duthiers). — Déterminé la structure de la glande pylorique chez ces Ascidies et le point où elle se déverse, fait connaître la disposition des organes génitaux dans plusieurs genres et découvert leurs orifices.

Cynthiadées des côtes de France (323 p., 20 pl. en coul. En collab. avec M. de Lacaze-Duthiers). — Étudié et figuré l'anatomie de tous les genres et espèces décrits.

EMBRYOGÉNIE DESCRIPTIVE ET EXPÉRIMENTALE

Évolution de la Sacculine (320 p., 9 pl.). — Fait connaître la structure des larves Nauplius et Cypris, leur transformation, la fixation de la Cypris, ses transformations, l'évolution et la structure de la Sacculine interne, la formation des rudiments de tous ses organes aux dépens des cellules embryonnaires et leur développement, enfin les modifications qui transforment la Sacculine interne en Sacculine externe, tous phénomènes dont on n'avait pas le moindre soupçon.

Relations du Congre et du Leptocéphale (2 p.). — Montré expérimentalement que le Leptocéphale est la larve du Congre.

Embryogénie des Éponges (154 p., 8 pl.). — Fait connaître tous les faits du développement de ces animaux depuis la larve jusqu'à l'adulte et montré que tous les zoologistes s'étaient complètement mépris sur ce développement, en décrivant les choses comme si c'était, conformément à ce qui se passe chez tous les autres animaux, la peau de la larve qui forme la peau de l'adulte et les cellules intérieures qui forment les cavités digestives de ce dernier, tandis que c'est l'inverse, en sorte que les Éponges sont des animaux retournés.

Études sur la Mérogonie (35 p., 11 fig.). — C'est ici que je range, faute de mieux, ce mémoire qui appartient d'autre part à la *Cytologie* puisqu'il nous renseigne sur la physiologie générale de la cellule et à la *Tératogénie expérimentale* à laquelle il emprunte ses procédés. J'y montre que les fragments d'œufs sans noyau sont fécondés et se développent aussi bien que les fragments nucléés ou que l'œuf intact, et je démontre la fausseté de la théorie de la permanence des chromosomes.

Interprétation de la mérogonie et théorie nouvelle de la fécondation normale (17 p.). — Je montre que la Mérogonie n'est pas une parthénogénèse voilée, mais un processus spécial différent de la fécondation normale et de la parthénogénèse et j'arrive à une conception nouvelle de la fécondation normale que je définis : la fusion dans le cytoplasma ovulaire d'un noyau mâle plus excitable avec le noyau femelle trop inerte pour se développer.

PHYSIOLOGIE.

Canaux demi-circulaires de l'oreille interne (90 p.; trad. en allemand). — Montré par l'application d'un procédé nouveau, l'étude des illusions sensitives sur les directions dans l'espace et sur la direction de nos mouvements de rotation et de translation, que : 1° les canaux demi-circulaires ne sont pas l'organe par lequel nous apprécions les directions dans l'espace; 2° que cet organe est l'appareil musculaire de l'œil; 3° que les canaux demi-circulaires ne nous donnent aucuns renseignements sur la direction de notre corps ni sur celle des mouvements de translation auxquels il est soumis; 4° qu'ils nous font connaître la direction des mouvements rotatoires de notre corps et provoquent organiquement les réflexes par lesquels nous maintenons notre équilibre.

Fonction nouvelle des otocystes des Invertébrés (26 p.). — Montré, ce dont on n'avait pas le moindre soupçon, que les prétendues oreilles des Invertébrés sont avant tout des organes d'équilibration. A la suite de ce travail leur nom, *otocystes*, signifiant vésicules auditives, a été changé dans les ouvrages didactiques en celui de *statocystes*, signifiant vésicules de l'équilibre.

Les méridiens de l'œil et la direction des objets (7 p., 3 fig.). — Montré comment, malgré des contradictions apparentes, l'œil juge toujours d'après ses méridiens morphologiques et non d'après ses méridiens astronomiques, en faisant subir aux indications sensitives, lorsque ces deux sortes de méridiens ne sont pas en coïncidence, une correction tantôt complète, tantôt insuffisante et laissant place à une illusion. Explication de la contradiction apparente entre le phénomène d'Aubert et celui des images accidentelles.

Sur la grandeur subjective des images monoculaires et binoculaires dans la loupe (8 p., 2 fig.). — Étude raisonnée et mathématique de la loupe à l'usage des naturalistes et explication de l'illusion qui donne aux images binoculaires une grandeur apparente (subjective) supérieure à celle des images monoculaires. Ce phénomène n'avait jamais été expliqué et je donne la discussion mathématique des limites de l'illusion.

Dans les travaux précédents j'arrive à donner la formule générale des illusions sensitives.

PHILOSOPHIE BIOLOGIQUE

Théorie du rêve (9 p.). — Explication du rêve par le retour à l'état actif des processus cérébraux mis en état d'inhibition pendant l'état de veille.

Montré l'origine de la nature de nos rêves, indiqué les causes du cauchemar et les moyens de l'éviter.

La conception polyzoïque des êtres (13 p., 13 fig.). — Montré par des preuves tirées de l'embryogénie l'inexactitude de la théorie qui présente les Annelés et les Vertébrés comme des colonies de segments et tous les êtres comme des colonies de cellules. La division du corps en anneaux et en cellules suit la différenciation des organes et ne la précède pas ; elle est un fait d'organisation et non un fait de groupement colonial.

La question du polyzoïsme et la définition de l'individu (1 p.). — Montré, en réponse à une objection, que la recherche de ce qu'est l'individu dans un groupe d'objets unis entre eux par des relations diverses, est purement métaphysique et doit être écartée de toute discussion sérieuse.

Une science nouvelle, la Biomécanique (6 p.). — Montré l'intérêt qu'il y aurait à ne pas s'attacher indéfiniment à des recherches purement descriptives, et à rechercher les conditions mécaniques (au sens le plus large de ce mot) des processus biologiques. Exemples frappants du déterminisme mécanique de certains de ces processus : la formation du cartilage dans les pseudarthroses et de vaisseaux dans le placenta des grossesses extra-utérines, en des points où chez aucun ancêtre de pareils tissus ou organes n'ont existé.

La nouvelle théorie de Weismann (29 p.). — Exposé de cette théorie qui a eu, à l'époque où elle a paru, un retentissement considérable.

OUVRAGES D'ÉRUDITION

Sur l'origine des éléments figurés du sang chez les Vertébrés (100 p.). — Exposé des théories émises sur cette question, comportant l'analyse d'un grand nombre de mémoires en toutes langues.

Les Mollusques d'après Aristote (16 p. En collab. avec N.-Ch. Apostolidès). — Recherche et interprétation critique de tout ce que le savant grec a publié sur ces animaux.

INSTRUMENTS

Compresseur nouveau à pression régulière et à retournement (3 pag., 2 fig.). — Cet instrument permet la compression égale dans toutes ses parties de l'objet observé, quelle que soit la forme de celui-ci, et l'observation sur les deux faces avec la même facilité.

Perfectionnements apportés à la partie mécanique du microscope (10 pag., 3 fig.). — Modification du revolver et du condensateur permettant un réglage absolument rigoureux et toujours facile à rétablir quand l'instrument s'est déréglé. Nouvelle platine mobile se posant et s'enlevant avec une très grande facilité. Capuchon d'oculaire supprimant les rayons réfléchis.

Balançoire sans rotation (dans le travail sur les canaux demi-circulaires). — Permettant d'obtenir un mouvement de translation sans rotation, continu, non uniforme et sans trépidations.

VARIA

Curieuse observation de feu Saint-Elme (1 p.). — Indiqué les conditions météorologiques du phénomène; pris les flammèches au bout du doigt.

Sur le mode d'action de la lymphe de Koch (1 p.). — Montré, au moment où on en était encore à la période d'enthousiasme sur ce remède, qu'il ne pouvait pas contenir un vaccin de la tuberculose au sens pastorien du mot vaccin.

Sur la manière d'écrire dans les sciences naturelles (5 p. Préface de mon travail sur l'*Embryogénie des Éponges*). — J'y montre l'avantage qu'il y aurait à séparer dans tout travail l'essentiel de la masse des renseignements documentaires, afin de permettre au lecteur, débordé par le nombre toujours croissant des publications, de prendre connaissance de ce qu'il y a à retenir d'un mémoire, en beaucoup moins de temps qu'il n'en met aujourd'hui. Le mémoire qui suit est écrit d'après ce principe. Cette préface a été traduite en allemand.

OUVRAGES GÉNÉRAUX

Protoplasma, Hérédité et grands problèmes de la biologie générale (xvi-878 p., 40 fig.). — Exposé largement critique de l'état de la science cytologique, et des faits et théories concernant la question de l'Hérédité et tous les grands problèmes de la biologie générale, suivi d'un exposé de mes vues personnelles sur ces différentes questions. Trad. en russe et en polonais.

L'Année biologique (Chaque année un gros volume de 800 à 900 pages; le quatrième est sous presse, avec la collaboration d'un comité de rédaction). —

Mise à jour annuelle de tout ce qui est publié sur les questions de la Biologie générale. C'est la suite périodique de l'ouvrage précédent.

OUVRAGES DIDACTIQUES

Les Vertébrés (in-4°, 99 p.). — Conférences autographiées par un groupe d'élèves.

L'état actuel de l'industrie des Éponges (19 p., 36 fig.). Résumé de nos connaissances sur l'anatomie, l'embryogénie, la classification et la biologie de ces animaux.

Développement d'une Éponge siliceuse (15 pag., 10 fig. en partie coloriées, *in* Zoologie descriptive publiée sous la direction du Dr L. Boutan). Description d'après mes travaux du développement de la Spongille comme type d'Épongo siliceuse.

Traité de zoologie concrète (Chaque année un gros volume avec de très nombreux dessins dans le texte et de très nombreuses planches. 4 volumes parus contenant ensemble 1 600 pages, 2 000 dessins dans le texte, 125 planches coloriés hors texte et la description de 170 types morphologiques et de près de 4 000 genres. Le cinquième est sous presse. En collaboration avec le Dr Hérouard). — Traité conçu sur un plan tout nouveau où sont établis pour tous les groupes, classes, sous-classes, ordres, sous-ordres et tribus, des types morphologiques, décrits et figurés avec grand détail, suivis d'une description de tous les genres, disposés de manière à montrer la variation progressive des caractères par rapport au type morphologique pris comme forme moyenne ou initiale, selon les cas.

La fécondation chez les animaux. (En collaboration avec le Dr A. Labbé. Sous presse.)

PARTIE DOCUMENTAIRE

Dans cette partie nous allons reprendre tous les travaux dont il a été question dans la première partie de cette notice pour fournir, à leur sujet, les renseignements complémentaires et les détails qui n'auraient pas été à leur place dans la partie générale.

Nous grouperons ici les travaux suivant l'ordre de la classification zoologique.

I

TRAVAUX SUR LES SPONGIAIRES.

Développement des Éponges siliceuses.

(Voir à la fin de cette notice quelques échantillons des planches de ce travail et pour l'explication de la présence de ces planches dans cette notice la remarque de la page 224).

1. *Spongilla* (*Ephydalia fluviatilis*).

LARVE LIBRE. — Le développement prélarvaire, de l'avis des auteurs qui l'ont étudié, consiste en une segmentation totale et à peu près égale donnant naissance à une sorte de morula. Le développement postlarvaire sera ici seul en question.

La larve de l'Éphydatie, au moment où elle quitte sa mère, est blanche, ovoïde, ciliée sur toute sa surface; elle nage le gros bout en avant, en tournant autour de son axe. Sa moitié antérieure est vide ou du moins n'est occupée que par un liquide; un amas d'éléments cellulaires remplit la moitié postérieure. La grande cavité antérieure ne joue aucun rôle dans le développement. La larve libre possède des spicules, mais ils restent complètement enfouis dans les tissus tant qu'elle est normale et en bonne santé.

Quatre sortes d'éléments prennent part à la constitution des tissus :

1° Les *cellules ciliées* qui, servant à la locomotion chez la larve, deviendront chez l'adulte les choanocytes ou cellules à collerette des cor-

beilles vibratiles. Elles sont cylindriques, pourvues d'un noyau sans nucléole distinct et munies d'un cil ou flagellum. Toutes semblables entre elles, elles se répartissent uniformément sur toute la surface de la larve. Il n'existe donc pas ici au pôle postérieur de différenciation comparable à celles qu'on observe sur tant de larves de Monaxonides.

2° Les *cellules épidermiques*, plus grandes que les précédentes et contenant un gros noyau sans nucléole prédominant : elles formeront l'*épiderme* de l'adulte, mais, chez la larve libre, elles se disposent en une assise, d'ailleurs discontinue, immédiatement au-dessous de la couche des cellules ciliées.

3° Les *cellules amœboïdes*, destinées à devenir chez l'adulte les *cellules errantes* et à se transformer en partie en œufs ou en spermatoblastes; elles forment la majeure partie de l'amas cellulaire interne. Grandes, elles attirent l'attention par leur gros noyau contenant un beau nucléole. Arrondies à l'état de repos, elles se déforment continuellement en émettant des pseudopodes.

Un certain nombre d'entre elles produisent des spicules dans leur intérieur; les *scléroblastes* ou cellules mères des spicules ne représentent donc pas une catégorie particulière d'éléments.

4° Les *cellules intermédiaires*, mêlées partout aux amœboïdes, complètent avec elles la masse cellulaire interne. On les trouve également en bordure de la vaste cavité antérieure. Elles sont plus petites que les cellules épidermiques et possèdent un noyau un peu plus volumineux. Chez l'adulte, elles formeront les parois des canaux et le tissu conjonctif fixe.

Il faut bien comprendre que les cellules épidermiques, intermédiaires et amœboïdes, ne constituent pas des catégories tranchées; elles représentent « un ensemble d'éléments indifférents où s'opèrent des différenciations successives... Dans cet ensemble d'éléments, une première différenciation entraîne au dehors les plus superficiels (cellules épidermiques) où ils se soudent en un épiderme et se caractérisent ainsi comme un ectoderme pur; le reste (cellules intermédiaires) se différencie ultérieurement en deux sens différents : les uns s'unissent en membrane pour former les canaux (ectoderme secondaire), les autres se transforment en éléments conjonctifs (mésoderme) ».

En réalité, il n'y a sous la couche des ciliées qu'une masse d'éléments intérieurs, dont les plus chargés de substances nutritives deviennent les cellules amœboïdes, tandis que les autres doivent peut-être au seul hasard de leur position plus ou moins superficielle de devenir superficiels et de former

l'épiderme ou de rester plus profonds et de former le revêtement des canaux (1)

Fixation de la larve. — Au bout d'un temps variable, généralement assez court, la larve se fixe, soit par le pôle antérieur, soit par un point quelconque de sa surface. Elle se déprime aux dépens de sa cavité, qui se réduit peu à peu à une simple fente, puis disparaît totalement après dislocation de son revêtement épithélial. Les cellules ciliées agitent leur cil avec une rapidité décroissante, puis, cessant tout mouvement, finissent par le résorber.

Retrait des cellules ciliées; formation de l'épiderme. — Dès que les cellules ciliées ont rentré leur cil, elles prennent une configuration irrégulière et rompent leur arrangement épithélial; les unes s'enfoncent, d'autres restent encore à leur niveau, mais s'écartent en face des cellules épidermiques.

Celles-ci en profitent pour s'insinuer entre elles et gagner la surface où elles s'étalent alors et se soudent par leurs bords, de manière à constituer une membrane continue qui n'est autre chose que l'épiderme.

En opérant ce retrait, les cellules ciliées vont se mêler aux cellules intermédiaires et amœboïdes. A ce moment, les amœboïdes émettent des pseudopodes nombreux à l'aide desquels elles englobent les ciliées. Celles-ci toutefois ne demeurent pas absolument passives; on les voit de leur côté émettre des prolongements qui se dirigent à la rencontre de ceux des amœboïdes. Souvent, plusieurs ciliées se réunissent entre elles par de semblables prolongements, et c'est toutes ensemble qu'elles se trouvent alors incorporées par un seul pseudopode d'amœboïdes.

La capture des ciliées par les amœboïdes s'effectue généralement en un temps très court (une heure ou deux); lorsqu'elle est terminée, les amœboïdes prennent une forme sphérique et présentent autour de leur gros

(1) C'est en se plaçant au point de vue des idées alors régnantes que les cellules épidermiques sont qualifiées d'ectoderme et les ciliées d'endoderme. Dès cette époque, je faisais remarquer que « il y a place pour une autre hypothèse que voici : les cellules ciliées de *Sycandra* et des Siliceuses constituent l'ectoderme, tandis que les cellules granuleuses chez la première et les cellules épidermiques et intermédiaires chez les dernières représentent l'endoderme. Dans ce cas, l'épiderme et les canaux des Eponges adultes deviennent endodermiques et les corbeilles ectodermiques ». Depuis, Maas a admis ces idées, déjà invoquées d'ailleurs par Balfour, et considéré avec raison toute la masse intérieure comme un endoderme primitif. Enfin, récemment (1898), j'ai montré qu'on devait radicalement prendre le contre-pied des idées anciennes, appeler, chez toutes les larves d'Eponges, ectoderme les cellules ciliées, endoderme les cellules non flagellées, et déclarer que chez l'adulte, contrairement à ce qui existe chez tous les autres animaux, l'épiderme est endodermique et les cavités digestives (corbeilles) sont ectodermiques.

noyau à nucléole volumineux une certaine quantité de petits noyaux, les noyaux des ciliées.

A cet état, les cellules amœboïdes sont devenues les *groupes polynucléés*.

A la suite de leur capture, les ciliées n'ont plus de protoplasma distinct et leur noyau lui-même change de caractères : il se contracte, perd ses granulations, devient opaque, brillant, et ne se distingue du nucléole de la cellule amœboïde que par sa taille plus petite.

Membrane marginale. — La membrane superficielle ou épiderme déborde tout autour de la larve fixée et se prolonge en une membrane mince et transparente qui s'étend assez loin sur le support, contribuant pour le moment à augmenter l'adhérence de la jeune Éponge. C'est la membrane marginale (*m*, fig. 32). Elle sera par la suite le siège de l'accroissement en largeur.

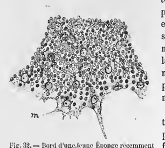


Fig. 32. — Bord d'une jeune Éponge récemment fixée.
m, membrane basilaire.

Au bord même de la larve, continuant le revêtement de la face supérieure et de la face inférieure à la fois, cette membrane est formée de deux feuillets accolés presque exactement l'un sur l'autre et ne comprenant guère entre eux que quelques cellules égarées autres que des épidermiques. Mais, plus loin, elle va se réduisant à une couche unique de cellules.

Formation du syncytium. — Après un certain temps de repos où la larve reste ainsi formée d'une enveloppe épidermique complète et d'une masse interne composée en majeure partie de groupes polynucléés, puis de cellules intermédiaires éparses et aussi de quelques spicules, une reprise d'activité va aboutir à la formation des corbeilles, mais en transformant d'abord la masse interne en un amas syncytial.

Les groupes polynucléés, arrondis et indépendants durant la phase du repos, deviennent irréguliers, se gonflent, s'étirent en divers sens, et se mettent tous en rapport entre eux par leurs prolongements. Un vaste réseau se constitue de la sorte, dans la trame duquel se trouvent bientôt englobées également les cellules intermédiaires. Les contours de toutes les

cellules du réseau s'effacent et l'ensemble représente un véritable syncytium. Ce syncytium se creuse ensuite peu à peu de larges cavités communiquant toutes entre elles, et qui figurent la première ébauche des *cavités aquifères.*

Pendant que celles-ci grandissent, la masse cellulaire se resserre devant elles et forme un réseau plus compact.

Formation des corbeilles vibratiles. — C'est dans la trame de ce réseau que vont s'organiser les *corbeilles* vibratiles par le processus suivant.

Les cellules ciliées, capturées, comme on vient de le voir, par les cellules amœboïdes, vont reconquérir leur autonomie. On voit pendant le stade syncytial leur noyau reprendre peu à peu ses caractères primitifs et, d'opaque et brillant qu'il était devenu, redevenir clair et granuleux, puis de nouveau leur protoplasma s'individualiser. De petites cavités hémisphériques se creusent dans l'épaisseur du syncytium et restent en communication, chacune par un large orifice, avec le système des grandes cavités. Les cellules ciliées régénérées, mais encore dépourvues de cil, se dégagent des amœboïdes et viennent se disposer en bordure de ces petites cavités hémisphériques pour constituer autant de corbeilles vibratiles. Bientôt, elles achèveront leur évolution en acquérant chacune un flagellum et une collerette hyaline évasée en cône. Les cellules intermédiaires s'étalent pour la plupart à la limite des cavités aquifères en une membrane épithéliale continue qui en forme la paroi. Celles qui n'ont pas de place dans ce revêtement restent au-dessous de lui comme éléments d'un tissu conjonctif. Quant aux cellules amœboïdes, vides désormais de leur contenu temporaire, elles restent libres dans les espaces interstitiels de ce tissu conjonctif.

A la place du syncytium, on a maintenant, séparant les larges cavités aquifères, des cloisons charnues incomplètes, irrégulières, anastomosées, ayant une paroi épithéliale (cellules intermédiaires) sans solution de continuité, sauf au niveau des corbeilles (dépressions hémisphériques avec cellules flagellées en bordure) dont elle doit ménager l'orifice, et composées dans leur épaisseur d'un tissu conjonctif (cellules intermédiaires encore) comprenant les cellules amœboïdes libres dans ses lacunes interstitielles.

« En résumé, les cellules amœboïdes deviennent les cellules errantes du parenchyme, les cellules intermédiaires forment les parois des canaux et le tissu conjonctif fixe; enfin les cellules ciliées, après avoir été ciliées chez la larve, après avoir été capturées par les amœboïdes et avoir passé un certain temps à leur intérieur, après être de nouveau devenues libres, forment en dernier lieu les cellules flagellées des corbeilles. »

Formation des pores et des oscules. Achèvement de la jeune Éponge. — L'Éponge grandit et mesure au sixième jour 1 millimètre environ de diamètre. Ses cavités aquifères s'élargissent de plus en plus, ses spicules s'allongent et, de place en place, soulèvent par leurs pointes la membrane épidermique; dans cette membrane se percent les *orifices aquifères :* des pores et un oscule.

Les pores apparaissent comme de simples méats de la membrane (larges de 6 à 30 μ) : l'*oscule* est toujours plus grand, et, souvent, à son niveau, la membrane se soulève en une petite cheminée cylindrique.

Situé quelque part vers le sommet du corps, l'oscule communique directement avec les cavités aquifères les plus larges, les *cavités exhalantes*.

Les pores, en nombre variable, et plus généralement situés vers la base du corps, au voisinage de la membrane marginale, donnent au contraire accès d'abord dans une cavité étroite qui, s'étendant sur tout le pourtour de l'Éponge au-dessous de la membrane épidermique, mérite le nom de *cavité superficielle*. Cette cavité est interrompue seulement dans les points où des trabécules charnus internes, avec les spicules qu'ils renferment, viennent aboutir à la surface. Çà et là, elle se met en continuité avec de larges cavités aquifères, les *canaux inhalants*, qui, eux, pénètrent dans l'intérieur du corps.

Ces canaux enfoncent dans l'épaisseur des cloisons charnues de la masse interne dérivée du syncytium des diverticules étroits et irréguliers, les *canalicules inhalants,* sur lesquels se prolonge leur revêtement épithélial. Enfin, ces canalicules se mettent en rapport avec le fond des corbeilles vibratiles.

Par conséquent, les corbeilles se trouvent communiquer à la fois avec les deux systèmes de cavités aquifères, d'une part avec les canaux exhalants par leur orifice large, et d'autre part, par leur fond, avec les canalicules inhalants. Leur fond présente un ou plusieurs méats intercellulaires de grandeur et de forme extrêmement variables, produits par écartement peut-être temporaire des cellules flagellées pour donner accès à l'eau.

En définitive, l'eau pénètre par les pores dans la cavité superficielle, s'engage de là dans les canaux inhalants, puis dans les canalicules, traverse les corbeilles et se déverse dans les canaux exhalants pour sortir enfin en un jet violent par l'oscule.

Ainsi se trouve constitué un état où la jeune Éponge ne diffère de ce qu'elle sera à l'âge adulte que par une taille moindre et par l'absence de produits sexuels.

2. — *Esperella sordida.*

C'est un type d'Éponge siliceuse marine.

a. — *Larve libre.* La larve diffère de la précédente en ce qu'elle n'a pas de cavité intérieure et pas de cils au pôle postérieur.

b. — La fixation, la disparition des cils des cellules ciliées, la sortie des cellules épidermiques pour constituer l'épiderme, la rentrée et la capture des cellules ciliées se font comme chez la Spongille. Cependant, tandis que chez cette dernière toutes les cellules ciliées étaient peu à peu englobées, au contraire *chez Esperella, très peu sont capturees; les autres prennent une forme amœboïde, s'unissent par des pseudopodes aux cellules voisines et constituent ainsi un syncytium* (à la fin du deuxième jour).

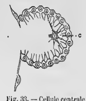


Fig. 33. — Cellule centrale dans la corbeille vibratile.

c. — La formation des corbeilles et des cavités exhalantes, des pores, du cloaque et de la cavité sous-épidermique n'est pas très différente de ce qui se passe chez les Spongilles.

d. — Dans les corbeilles, près de l'orifice exhalant, on trouve, chez l'adulte, un curieux élément que j'ai appelé la *cellule centrale* (*c*, fig. 40), qui étend ses ramifications entre les bases des collerettes.

3. — *Reniera densa.*

Le développement de cette Éponge siliceuse marine confirme celui d'*Esperella.*

4. — *Aplysilla sulfurea.*

C'est un type d'Éponge fibreuse. La larve libre, ovoïde, ne porte pas de cils au pôle antérieur, et porte de grands cils au pôle postérieur. La formation de l'épiderme, la dissémination et la capture des ciliées, le syncytium, se produisent comme chez Esperella. Le syncytium cependant est discontinu et rudimentaire. Il se forme des corbeilles *simples* et *composées* suivant un processus remarquable : les groupes polynucléés se fusionnent par quatre ou cinq, puis, dans chaque groupe primitif, la cellule amœboïde passe à la périphérie du petit lot de cellules ciliées qui l'en-

tourait, de sorte que, dans les groupes secondaires, les cellules ciliées se trouvent d'emblée au centre et les amœboïdes à la périphérie. Puis, les cellules ciliées se régularisent, se soudent à leurs voisines, la masse centrale se creuse d'une cavité, et on a ainsi une corbeille simple. — Les corbeilles composées se forment par soudure des corbeilles simples. Outre ces corbeilles composées, dans la jeune Aplysilla, les canaux inhalants se dilatent énormément aux dépens des lacunes interstitielles, tandis que les grandes corbeilles composées refoulent le système exhalant jusqu'au cloaque.

Il n'y a pas, somme toute, de grandes différences avec le développement des Esperella.

5. — *Partie théorique.*

1. *Comparaison des types étudiés. Causes physiques des phénomènes.* — Il y a entre les types étudiés seulement des différences de détail. La structure de la larve ne présente pas de différences importantes. Dans les quatre genres, *la sortie des cellules épidermiques, la formation de l'épiderme, la résorption des cils des cellules ciliées, l'enfoncement de ces dernières, la concentration de leur protoplasma autour du noyau* sont à peu près identiques, et probablement ont un caractère général. Les causes de ces phénomènes sont sans doute en partie de l'ordre des tactismes. *La capture des ciliées, la formation du syncytium, le groupement nouveau des ciliées pour former la première ébauche des corbeilles*, sont bien plus variables. Chez *Spongilla*, toutes les cellules sont capturées; chez *Esperella* et *Reniera*, la capture n'est que partielle; chez *Aplysilla*, la capture et la formation du syncytium (du reste rudimentaire) sont connexes.

En tout cas, ces phénomènes sont étranges, car les ciliées ne sont pas inactives par rapport aux cellules amoœboïdes : c'est du *cytotactisme*, de la « cytosymbiose ». Si nous ne pouvons émettre que des hypothèses relativement à la cause première de cette association cellulaire, nous pouvons en définir le but qui est évidemment de faciliter le groupement des ciliées, leur transport à une place souvent éloignée, simple conséquence des propriétés amœboïdes des cellules englobantes.

Le mode de formation du flagellum par une petite saillie qui s'effile, confirme l'idée de l'origine cytoplasmique de cet élément.

Les autres particularités d'évolution s'expliquent d'elles-mêmes.

On peut cependant insister sur la *cellule centrale* des corbeilles des *Espe-*

rella et des *Reniera*, qui semble être soit l'élément figuré servant de centre et d'origine à la substance cémentaire qui unit les faces extérieures des collerettes, soit peut-être une cellule capturante venue là au point où le jeu du flagellum des corbeilles attire les particules alimentaires.

Les pores et les oscules se forment de la même façon dans les quatre genres, sauf la place qui varie. Les oscules ont réellement une situation intercellulaire. Les pores seraient plutôt percés dans les cellules épidermiques.

Quant à la cause mécanique de la formation de ces ouvertures, elle ne réside pas, comme le pensent la plupart des auteurs, dans le jeu des flagelles des corbeilles, puisqu'elles précèdent leur apparition ; et il semble au contraire que ce soit le contact de l'eau pénétrant par ces ouvertures qui détermine la formation des flagelles.

II. *Comparaison avec les autres types d'Éponges.* — Il résulte de là que l'antithèse qui semblait exister entre les Éponges calcaires et les siliceuses ou les fibreuses, dans leur développement, n'existe plus : le développement est semblable en ses grands traits dans toute la série.

III. *Les Éponges et la théorie des feuillets. Signification embryogénique des différentes parties du corps.* — La théorie des feuillets semble s'accommoder difficilement de l'embryogénie des Éponges. Si l'on s'en tient aux idées reçues, si l'on attribue, chez l'adulte, l'épiderme à l'ectoderme et les corbeilles à l'ectoderme, il faudra que dans la larve les cellules ciliées, *extérieures*, représentent *l'endoderme*, et les cellules épidermiques *internes* représentent *l'ectoderme*. Quant aux cellules amœboïdes et intermédiaires, il faut les attribuer au mésoderme, ou mieux à un ensemble d'éléments indifférents où s'opèrent des différenciations successives.

Quoi qu'on fasse, et *si l'on admet dans sa rigueur la théorie des feuillets*, il faut reconnaître qu'il y a dans les Spongiaires quelque chose de renversé par rapport aux Métazoaires. Si ce n'est chez l'adulte, ce sera chez la larve, et il semble plus naturel de chercher les rapports *vrais* chez la larve qui a moins subi les actions modificatrices que l'adulte. Pas un zoologiste, voyant la larve des *Sycandra*, n'affirmerait que les cellules ciliées sont l'ectoderme, les granuleuses l'endoderme. Personne ne mettrait en doute cette homologie, si l'invagination avait lieu, dans les Éponges calcaires, dans le sens ordinaire.

Mais reste à savoir si la loi des feuillets a bien cette généralité que lui donnent la plupart des zoologistes : si c'est réellement une entité qui domine les êtres et dirige leur développement. Le cas de la larve de l'*Oscarella*

(Heider) qui, formée d'une seule couche de cellules, peut s'invaginer dans un sens ou dans l'autre, ne parle guère en faveur d'une spécificité des feuillets. Si telle partie devient endoderme ou ectoderme, ce n'est pas par des caractères héréditaires latents, mais par suite de la *structure actuelle* de chaque élément, l'hérédité n'intervient qu'en fixant la constitution chimique de tous les éléments d'une manière si précise que chaque cellule est à chaque instant de son évolution en présence de ce dilemme : « rencontrer des conditions extérieures identiques à celles qu'a rencontrées la cellule identiquement conformée du parent, et réagir contre ces conditions par une modification identique, de manière à poursuivre une évolution totale identique, ou mourir ». En somme les Éponges nous montrent une différenciation progressive de leurs éléments, mais pas dans le sens de feuillets comparables à ceux des autres animaux; certains éléments s'étalent en membrane, ou restent amœboïdes ou deviennent flagellés; tous forment un être final, où l'on rencontre sous une membrane protectrice des cavités gastriques et des tissus de soutien, c'est-à-dire des formations similaires à celles des autres êtres.

En résumé : il n'y a pas entre les larves pleines des Éponges siliceuses et celles des Calcaires du type *Sycandra* d'opposition tranchée.

Dans les Siliceuses, les ciliés perdent momentanément leurs flagelles, s'enfoncent dans les tissus, pour se grouper ensuite, reformer leurs flagelles et former les corbeilles. Chez les Sycandra, il en est de même, mais par un processus différent.

6. — *Partie complémentaire.*

Dans cette partie complémentaire, fort développée, sont condensés les notes explicatives, l'exposé et les discussions des points secondaires, les documents bibliographiques. Il n'est pas nécessaire d'exposer ces détails, forcément décousus, puisque des numéros dans le texte de la première partie renvoient aux numéros correspondants de la seconde. Cependant des 82 articles de cette partie, on peut détacher les renseignements suivants :

Capture des cellules ciliées. — Ce phénomène est très rapide, chez la Spongille. Il ne dure guère qu'une demi-heure. Parfois on peut voir le noyau englobé au bout d'un long pseudopode de la cellule amœboïde. Une des figures montre une grosse cellule amœboïde ayant déjà incorporé quelques globules et émettant un gros pseudopode vers *une cellule ciliée*,

tout à fait périphérique, qu'elle capture, alors que celle-ci est encore à son rang dans la couche épithéliale superficielle.

Héliotactisme négatif des larves. — Les larves recherchent l'obscurité et nagent en tournant sur leur axe. On peut admettre que les cils par leur mode d'implantation agissent toujours de manière à pousser l'animal en avant; et d'autre part la lumière est un excitant. Dès lors, quand la larve nage au hasard dans un milieu inégalement éclairé, le côté plus éclairé doit se mouvoir plus vite que l'autre, faire plus de chemin que lui et décrire une trajectoire courbe : la courbe sera convexe du côté de la lumière et par conséquent s'éloignera du point lumineux. Comme la réaction provoquée par l'excitation peut ne pas être instantanée, et suivre des variations d'intensité, les larves ont en réalité une allure assez capricieuse. En tout cas l'héliotactisme est fortement négatif même chez les larves qui commencent à se fixer, lesquelles, sous l'influence d'un éclairement violent, se remettent à nager, quoique déjà déformées et aplaties.

Technique. — La méthode pour faire fixer les larves sur un support, varie avec les espèces. Mais on peut toujours à volonté obtenir la fixation sur des lamelles de verre. Les meilleurs résultats pour l'étude histologique ont été obtenus par l'alcool absolu, suivi d'une double coloration au carmin alcoolique de Mayer et au bleu de Lyon.

En ce qui concerne les coupes, je puis donner une idée, par un exemple, de la délicatesse et de la précision des préparations obtenues. Dans les corbeilles vibratiles, chaque cellule est formée d'un *corps cellulaire* avec son noyau, d'un très délicat prolongement protoplasmique en entonnoir, *la collerette*, et d'un long *flagellum* inséré sur la cellule au fond de l'entonnoir dont il occupe l'axe, et libre de toute autre attache. Les cônes formés par l'ensemble des collerettes de la corbeille se compriment les uns contre les autres de manière à prendre une forme pyramidale. Eh bien, sur les coupes transversales des collerettes, j'ai obtenu un réseau polygonal représentant les coupes des pyramides contiguës et, au centre de chaque polygone, un point qui est la coupe du flagellum. On cite parfois comme exemple de coupe impossible à faire, celle de la cendre d'un cigare : il semble que ces flagellum coupés dans leur entonnoir ne soient guère moins délicats.

L'état actuel de la biologie des Éponges.

Ce travail est destiné à faire comprendre à des lecteurs peu familiarisés avec l'histoire naturelle, le rapport qui existe entre l'objet connu sous le

nom d'*éponge de toilette* et l'animal dont cet objet n'est que le squelette; puis d'expliquer, en parlant de types beaucoup plus simples, choisis parmi les Éponges calcaires et siliceuses, le plan de l'organisation de ces êtres.

L'*Olynthus*, Éponge calcaire qui abonde à Roscoff, nous montre le Spongiaire réduit à sa plus simple expression, c'est-à-dire une urne ou cavité atriale, percée à son sommet du large orifice appelé oscule, limitée par des parois minces, que perforent de nombreux pores. Dans l'intérieur de l'urne se voit le revêtement uniforme des cellules flagellées à collerettes. Dans un type un peu plus avancé, les cellules flagellées se réfugient dans des corbeilles spéciales, creusées en coupes dans les parois de l'urne, ou, mieux encore, au stade suivant de la complication de l'Éponge, entièrement renfermée dans la paroi très épaisse, et mise en communication à la fois avec la cavité de l'urne et avec l'extérieur, par des canaux ramifiés, généralement même lacunaires. Dans un type plus parfait, ces canaux ne s'ouvrent plus directement à l'extérieur; mais bien dans une série de chambres qu'on appelle cavités hypodermiques, et dont le plafond très mince est, à son tour, criblé de fins pertuis. Cependant les cellules des tissus se différencient en éléments glandulaires, musculaires et nerveux. Il se constitue diverses sortes de sphincters, placés vers l'entrée ou sur le trajet des divers canaux, et destinés à régler le cours de l'eau.

L'Éponge, le plus souvent, a multiplié ses cavités atriales et ses oscules. On la dit alors *polyzoïque*, sans qu'il faille attacher à ce terme la moindre idée d'une multiplication de l'individualité. Ici, plus encore que chez les Échinodermes et les Annelés, il s'agit d'un trait de l'organisation, d'une complication de la structure. En même temps, bien entendu, l'Éponge perd sa forme d'urne et prend l'aspect d'une masse généralement irrégulière, tantôt massive, tantôt encroûtante.

La particularité la plus importante peut-être par les complications auxquelles elle donne lieu est l'apparition des spicules, soit siliceux, soit calcaires, suivant le type considéré. Ces spicules, nés dans une cellule du mésoderme, appelée le *scléroblaste*, et toujours contenus à son intérieur, en ce sens que le protoplasma formateur continue à les revêtir d'une pellicule, peuvent se présenter sous des formes extrêmement variées, depuis celle d'une simple aiguille jusqu'aux formes obtenues par le groupement de trois, quatre axes, ou davantage. De là, résumant la disposition si variée de ces spicules dans les tissus, je passe aux Éponges cornées, par l'intermédiaire du grand groupe dans lequel les faisceaux de spicules sont plus ou moins noyés dans des fourreaux de spongine. Si les spicules disparaissent, et qu'il

ne reste plus que les fibres cornées, nous revenons à l'Éponge de toilette dont nous étions partis.

En quelques lignes, je m'efforce ensuite de caractériser le mode de développement embryogénique de l'Éponge, de montrer la *blastula*, la *gastrula* et surtout de faire comprendre comment, par un processus unique dans le règne animal, ce sont ici les cellules ectodermiques flagellifères qui s'invaginent au lieu que ce soit l'endoderme, de sorte que l'animal mériterait le nom d'*Énantiozaire*, ou animal retourné. Je signale au passage, dans les Éponges siliceuses, un des rares exemples de continuité objective du plasma germinatif, dans le sens où l'entend Weismann, par le fait que les éléments germinaux sont reconnaissables dès la segmentation, sous la forme de cellules amœboïdes.

Je termine enfin par des considérations sur la biologie des Éponges, sur leur évolution, sur leur multiplication par bourgeons et par statoblastes, sur la coalescence entre les individus voisins, sur la fécondation et les premiers stades ultérieurs, et enfin par de courtes notions sur la classification de ces êtres.

Sur la place des Spongiaires dans la classification.

La place des Spongiaires vis-à-vis des Cœlentérés est fort discutée, beaucoup d'auteurs réunissant les Éponges avec les Cœlentérés.

Les caractères si particuliers que j'ai fait connaître dans le développement des Éponges siliceuses, et que Minchin a montré être exacts pour les Éponges calcaires, sont d'assez grande importance pour obliger à séparer les Spongiaires de tous les autres animaux. Chez les Spongiaires, en effet, seuls parmi tous les êtres, *l'invagination normale des feuillets est renversée, l'endoderme se portant à la surface pour former l'épiderme, et l'ectoderme s'enfonçant à l'intérieur pour former les cavités digestives.* Je propose de faire de ce caractère un caractère d'embranchement et d'opposer les Spongiaires sous le nom de *Enantiozoa* (ἐναντίος, inverse), aux Cœlentérés et peut-être même à tous les autres animaux, dont les feuillets, quand ils existent, s'invaginent en sens normal.

Les larves des Spongiaires et l'homologation des feuillets.

Répondant à quelques observations d'un contradicteur, au sujet de la note précédente, je fais remarquer, outre quelques points de détail, que

la conception des feuillets est essentiellement morphologique et non physiologique; qu'il ne faut pas définir les feuillets par leur situation réciproque après l'invagination, parce que c'est là un caractère physiologique. Il n'y a que deux alternatives, si l'on examine les différences capitales que j'ai signalées entre les Spongiaires et les autres animaux : ou bien dire que le sens de l'invagination est resté normal, mais que l'endoderme s'est déguisé en ectoderme, ou réciproquement; ou (ce qui est plus logique, et conforme aux données des expériences ovomécaniques) que les feuillets ont bien gardé chez les Éponges leurs caractères histologiques, mais que le sens de l'invagination à été renversé.

On Sponges.

Cette conférence faite en anglais à l'*International Congress of zoology de Cambridge* est l'exposé des différentes questions qui précèdent, sur la nécessité de séparer les Éponges des autres animaux, dans leur classification.

[Cette conférence a été suivie d'une longue discussion contradictoire à laquelle ont pris part MM. Minchin, Hæckel, Vosmær, Saville Kent et F. E. Schulze et d'où il est résulté que les anciennes vues sur le développement des Éponges n'ont plus de défenseurs].

Développement d'une Éponge siliceuse.

Article fait pour le traité de Zoologie descriptive publié sous la direction du Dr L. Boutan, où est exposé le développement de la Spongille d'après mes recherches comme type d'Éponge siliceuse.

II

TRAVAUX SUR LES VERS

Études histologiques sur les Planaires Rhabdocèles Acèles
(*Convoluta Schulzei* [O. Schm.]).

Les Acèles constituent un groupe à organisation très simple, où l'endoderme n'est pas représenté (1) chez l'adulte. Ils sont à peine des Métazoaires et presque pas supérieurs aux Infusoires.

Ce travail a eu pour but de rechercher l'existence chez ces animaux (où il avait été nié) *d'un système nerveux distinct;* en même temps que d'éclaircir la question du *reticulum* qui remplit tout le soma et celle des Zoochlorelles et des *Pulsatelles* déjà décrits par Geddes.

I. *Système nerveux.* — Sur l'animal frais, on peut distinguer 4 bandes claires qui se fondent à l'extrémité céphalique vers l'otocyste : l'examen histologique a montré que ce sont les 4 nerfs principaux, et autour de l'otocyste les centres nerveux (Voy. p. 16, fig. 10 et 11).

Pour bien mettre en évidence le système nerveux entier, il faut user d'une méthode fondée sur l'emploi de l'acide formique et du chlorure d'or.

Le *système nerveux central* se compose, autour de l'otocyste, d'une masse bilobée formée de deux ganglions symétriques par rapport à l'otocyste, et placés autour et au-dessous de celui-ci. Il y a deux renflements pairs superposés, réunis par trois commissures limitant deux espaces à peu près rectangulaires à angles arrondis. Le plan inférieur de ces espaces renferme l'otocyste. Entre la commissure la plus élevée et les 2 nerfs ascendants, se trouve un troisième espace occupé par *l'organe frontal.*

Le *système nerveux périphérique* se compose de 6 nerfs longitudinaux

(1) Un travail récent de M. Georgevitch, professeur à l'Université de Belgrade, fait dans mon laboratoire de la Sorbonne et à Roscoff, vient de démontrer la présence chez la larve de cette même Convoluta d'un endo-mésoderme.

parallèles (2 internes, 2 externes, et 2 moyens) réunis par de nombreuses anastomoses transversales en échelle et montrant de nombreuses ramifications très fines (voir les figures reproduites à la page 28 de cette notice).

Pour reconnaître la structure intime de ces parties, il a fallu employer une autre méthode que celle du chlorure d'or; c'est celle du *carmin osmique* précédé d'une fixation au sulfate de fer. Cette méthode était absolument neuve, et a, depuis, été fréquemment employée. Elle seule a permis l'étude du système nerveux sur coupes, et par conséquent l'étude histologique de ce système. Le système nerveux central est formé de fibres et de cellules ganglionnaires.

11. *Organes des sens.* — De ces organes de sens, l'otocyste seul a été signalé par les auteurs. Graff et Geddes déclarent qu'il n'y a pas d'yeux, et cependant il y a deux taches pigmentaires oculiformes et de plus un organe sensitif spécial que j'ai appelé *l'organe frontal.*

a. — *Otocyste.* — Il se compose d'une otolithe demi-sphérique, formée de 2 parties concentriques et entourée d'une vésicule membraneuse; cette vésicule occupe une cavité creusée dans la masse nerveuse environnante.

Sur les coupes, on en voit partir 3 canaux légèrement sinueux, dont le rôle est difficile à définir.

Cet otocyste semble seulement servir aux Convolutes à percevoir des impressions vibratoires comme celles des trépidations et des ébranlements du sol.

b. — *Taches oculiformes.* — Ce sont deux simples petites taches pigmentées de part et d'autre de l'otocyste. Elles ne peuvent guère servir qu'à percevoir vaguement des sensations lumineuses et non des images.

c. — *Organe frontal.* — On le voit à la partie antérieure du corps comme une petite tache ovoïde; en face de lui, il n'y a plus de cils vibratiles. A l'état frais, il se décompose en secteurs comme les côtes d'un melon. Sur les coupes, après l'action du chlorure d'or, on le voit formé d'une matière transparente qui se teint en violet pâle, et traversé par un réseau de fibres. Il est relié au cerveau par deux nerfs, les deux *nerfs de l'organe frontal.* Le réseau lui-même est composé de fibres très fines se continuant avec celles des cellules périphériques.

Cet organe est évidemment un organe sensitif et certainement un organe du tact; mais cette fonction ne doit pas être la seule et il est probable qu'il sert aussi à des sensations olfactives et gustatives.

Au point de vue morphologique, il me semble représenter une trompe rudimentaire équivalente à celle de certaines Rhabdocèles, et peut-être aussi des Némertiens.

III. *Téguments.* — L'*épiderme* cellulaire cilié est presque un syncytium. Au-dessous se trouve un *reticulum sous-épidermique*, et une couche de *fibres musculaires* transversales obliques et longitudinales.

IV. *Reticulum.* — C'est une masse continue de protoplasma, parsemée de noyaux et criblée de vacuoles. Il faut le considérer plutôt comme *un tissu conjonctif à cellules étoilées et anastomosées*, que comme une masse protoplasmique continue avec vacuoles intra-cellulaires comme le croient Lang et Graff.

Les Zoochlorelles sont situés dans des cavités irrégulières du reticulum.

Le reticulum forme également une gaîne autour du système nerveux (que les anciens auteurs, entre autres E. Blanchard, avaient vu, injecté, et décrit comme appareil circulatoire).

V. *Glandes.* — Les cavités piriformes et les orifices percés dans les téguments ne sont que des cavités du reticulum, et non de vraies glandes.

VI. *Pulsatelles.* — Geddes avait décrit sous le nom de *Pulsatella Convolutæ*, de petites cellules, animées de mouvements rythmiques, qu'il considérait comme des organismes parasites des Convolutes. Ce sont des petites masses protoplasmiques ovoïdes de 10 μ sur 8 μ, avec une partie pleine protoplasmique, et une partie creuse pourvue d'une touffe de cils vibratiles : c'est une sorte de cellule caliciforme, dont la cavité est occupée par un bouquet de cils vibratiles.

J'ai montré qu'elles ne devaient pas être des parasites, et avaient une grande ressemblance avec les appareils terminaux du système aquifère des Plathelminthes ; elles produisent dans les lacunes du reticulum une circulation rudimentaire des liquides.

Sur l'abondance du Chétoptère sur les côtes de Normandie.

Le Chétoptère est une Annélide singulière, rare partout. La difficulté de se procurer un nombre considérable d'individus est une des causes de l'imperfection de nos connaissances sur l'anatomie de cette forme intéressante.

A Luc-sur-Mer on ne trouve point les Chétoptères à la grève, mais ils sont certainement très abondants à une faible profondeur au-dessous du niveau des basses eaux, car les coups de vent du large les rejettent sur la plage en grand nombre, parfaitement intacts dans leur tube parcheminé. J'ai pu en envoyer à Paris plus de 100 recueillis de cette manière.

III

TRAVAUX SUR LES CRUSTACÉS

I. — Contribution à l'étude de l'appareil circulatoire des Crustacés Édriophthalmes marins.

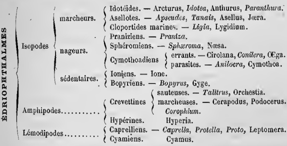
(Voir les planches placées à la fin de cette notice et, page 224, la note qui explique leur présence ici.)

En 1881, l'Académie des sciences mettait en concours l'*Étude comparative de l'organisation intérieure des Crustacés Édriophthalmes*. Cette organisation était en effet fort peu connue, tandis que l'anatomie des Podophthalmes avait été l'objet de recherches nombreuses. Je m'attachai spécialement à l'étude du système circulatoire de ces animaux, et, dans ce but, je fus amené à rechercher les modifications qu'il était nécessaire de faire subir à la technique des injections, pour étendre à des êtres très petits l'emploi de cette méthode si féconde. C'est aux injections, pratiquées avec persévérance, et non sans que j'aie dû vaincre de notables difficultés, que je dois d'avoir obtenu dans mes recherches des résultats plus complets et plus coordonnés que ceux de mes devanciers. L'examen du trajet suivi par les globules, auxquels ils se bornèrent pour la plupart, surtout lorsque la petitesse de l'animal leur parut s'opposer à la pratique des injections, est certainement d'une grande utilité, et j'ai eu grand soin de ne pas la négliger; mais il est impossible par ce procédé d'arriver à une connaissance complète d'un système circulatoire.

Voici donc quel fut mon manuel opératoire. J'employai exclusivement pour l'étude des fines artères, la masse au chromate de plomb, préparée sans autre véhicule que l'eau dans laquelle sont dissous le bichromate de potasse et le sous-acétate de plomb qui servent à la préparer par le mélange de ces deux solutions. Pour les sinus et les vaisseaux un peu larges, l'emploi du saindoux que je colorais par le jaune de chrome, s'imposait, afin de permettre les dissections. L'injection des plus gros Édriophthalmes,

tels que l'Anilocre, était possible avec une fine seringue métallique. Mais lorsqu'il fallut pénétrer dans le cœur d'animaux plus petits, tels que les Bopyres, je dus avoir recours aux canules de verre étiré, au travers desquelles je poussais l'injection, en soufflant par la bouche, dans un tube de caoutchouc auquel elles étaient adaptées. Enfin, quand je dus injecter les animaux les plus petits du groupe, tels que les Caprelles, qui ne sont pas plus grosses qu'un fil, il fallut employer des canules d'une finesse extrême et vaincre une résistance considérable. Un aide comprimait alors de l'air dans une seringue d'un litre environ, à une pression supérieure à 2 atmosphères.

Pour donner une idée de la manière dont sont répartis, dans l'ordre des Édriophthalmes, les animaux dont j'ai étudié l'appareil circulatoire, je crois utile de présenter ici un tableau des familles de cet ordre, avec les noms des principaux genres qui les composent. Les noms en italiques sont ceux des animaux que j'ai choisis comme types dans les diverses familles pour en faire une étude spéciale.



ÉDRIOPHTHALMES	Isopodes	marcheurs.	Idotéides. — Arcturus, *Idotea*, Anthurus, *Paranthura*.	
			Asellotes. — *Apseudes*, *Tanais*, Asellus, Jœra.	
			Cloportides marines. — *Ligia*, Lygidium.	
		nageurs.	Praniziens. — *Praniza*.	
			Sphéromiens. — *Sphæroma*, Nœsa.	
			Cymothoadiens	errants. — Cirolana, *Conilera*, Œga.
				parasites. — *Anilocra*, Cymothoa.
		sédentaires.	Ioniens. — Ione.	
			Bopyriens. — *Bopyrus*, Gyge.	
	Amphipodes..........		Crevettines	sauteuses. — *Talitrus*, Orchestia.
				marcheuses. — Cerapodus, Podocerus. *Corophium*.
			Hypérines. Hyperia.	
	Lémodipodes..........		Caprelliens. — *Caprella*, *Protella*, *Proto*, Leptomera.	
			Cyamiens. Cyamus.	

Appelé, par la confiance de M. de Lacaze-Duthiers, à diriger le laboratoire de Roscoff pendant deux étés consécutifs, j'ai pu étendre mes recherches aux types très variés d'Édriophthalmes qu'on rencontre dans cette station privilégiée. Mais, en revanche, j'ai été obligé de laisser de côté quelques groupes qui n'y sont pas représentés, tels que les Hypérines et les Cyamiens.

1. — *Isopodes*.

Pour ce groupe, qui était le mieux connu, parce que seul il avait été étudié au moyen d'injections, ce qu'on savait en 1880 était encore bien

fragmentaire. On connaissait le cœur, on avait découvert la présence d'un riche système artériel, mais sans pouvoir en suivre exactement la marche. Kovalevsky, en 1864, avait soupçonné la présence de l'artère prénervienne. On savait qu'au sortir des artères, le sang tombait dans un système de lacunes qui le conduisaient aux branchies, que découvrirent Audouin et Milne-Edwards dès 1827. En 1870 Dohrn démontra l'existence du péricarde. Lereboullet en 1843 et 1854, mais surtout Sars en 1867 reconnurent l'existence des ouvertures cardio-péricardiques.

Voici maintenant comment je peux résumer, dans son ensemble, la circulation des Isopodes, telle qu'elle fut établie par mes recherches personnelles. Le *cœur*, dorsal, maintenu en place par des brides qui le réunissent en avant avec l'intestin, est situé dans l'abdomen, tout en se prolongeant quelque peu dans le thorax. Il se termine inférieurement en cul-de-sac et est percé latéralement d'ouvertures par lesquelles y pénètre le sang qui vient du *péricarde*. C'est la contraction même du cœur qui attire le sang dans le péricarde, par suite d'une tendance au vide qui se produit dans la cavité rigide de ce dernier. Du cœur partent onze artères, munies de valvules à leur origine. Ce sont, à droite et à gauche de *l'aorte supérieure* céphalique, les deux *artères latérales*, qui fournissent aux quatre premiers anneaux du thorax. Pour les trois derniers, trois paires *d'artères thoraciques* naissent directement du cœur.

Enfin deux *aortes abdominales* naissent, entre le rectum et le cœur, de la face antérieure de ce dernier. Elles donnent un rameau à chaque anneau branchifère de l'abdomen. *L'aorte supérieure* passe avec l'œsophage dans l'anneau nerveux périœsophagien, puis se divise aussitôt en deux branches qui contournent l'œsophage de part et d'autre, de manière à constituer à leur tour un *anneau vasculaire périœsophagien*. Après leur réunion elles forment *l'artère prénervienne*, qui redescend ventralement jusqu'à l'anus, en irriguant chaque anneau du thorax. A cette irrigation contribuent les sept paires de branches fournies ventralement par les sept artères thoraciques, que nous avons vues naître, les trois dernières directement du cœur, les quatre premières des deux *artères latérales*.

Il n'existe pas de capillaires; le sang artériel tombe dans une grande lacune ventrale et dans deux grands sinus thoraciques latéro-ventraux. A la base du thorax, ces trois sinus se réunissent en un seul sinus abdominal, médian ventral. C'est de là que le sang veineux est amené aux cinq paires de branchies dans lesquelles il pénètre en suivant leur bord interne. Puis, par des anastomoses plus ou moins fines, qui existent jusque dans

le pédoncule de la branchie, le sang gagne le bord externe, d'où il revient au cœur par des *canaux branchio-péricardiques*. Dans ce retour il reçoit au passage le sang revenu des organes accessoires, qui servent plus ou moins à la respiration, tels que le telson, ou les épimères des anneaux branchifères. On connaît les branchies des Isopodes, vésicules aplaties, pourvues d'un riche réseau de lacunes. On sait que chaque branchie se compose de deux de ces vésicules en lames, l'une recouvrante, l'autre recouverte. Je pus me convaincre qu'il n'y avait pas entre ces deux sortes de lames une grande différence fonctionnelle, si bien que la lame recouvrante est loin d'être réduite à un simple appareil de protection.

Le péricarde, dans lequel les canaux branchio-péricardiques se jettent par des orifices dépourvus de valvules, est, pour ainsi dire, sculpté dans les organes. Il entoure le cœur de tous côtés, excepté en avant, sur la ligne médiane ventrale. C'est là, en effet, que le cœur est uni à l'intestin. Ce péricarde peut, vers le haut, recevoir, par des lacunes de son endothélium, un peu de sang qui n'a pas respiré, de telle sorte que, chez les Isopodes, la circulation est incomplète, sans toutefois que, physiologiquement, le mélange soit bien considérable. Cette imperfection est ici peu accentuée. Nous allons, chez les Amphipodes, la trouver considérablement aggravée. C'est elle qui nous fournira une relation entre deux systèmes circulatoires qui, sans cela, paraîtraient bien différents.

Ainsi est constitué dans ses traits essentiels, sauf de nombreuses différences de détails décrits dans le mémoire, le système circulatoire des Idotées, des Lygies, des Sphæromes, des Anilocres. Celui des Pranizes et des Bopyres est construit sur le même type mais beaucoup plus réduit.

2. — *Amphipodes.*

A partir de ce groupe, il n'avait jamais été tenté d'injections, antérieurement à mes recherches. On avait cependant reconnu successivement l'existence du cœur (Zenker, 1832), de ses ouvertures latérales, de l'aorte antérieure et du sinus ventral (Frey et Leuckart, 1847). Fritz Müller en 1864 avait fixé à trois paires le nombre des ouvertures du cœur; G.-O. Sars en 1866 avait découvert l'aorte postérieure; Wrzesniowski en 1876 avait précisé quelques-unes de ces données et reconnu que le sang des appendices était renfermé dans des canaux véritables, dont il avait même exagéré l'endiguement. Leydig cependant, en 1879, loin de faire avancer la question, était retombé dans plusieurs des erreurs anciennes. Comme il a

été expliqué plus haut, je n'ai pas pu faire de recherches sur les Hypérines, et j'ai dû me borner à l'étude des Crevettines; je n'insisterai donc pas sur les belles recherches que Claus avait faites en 1864 sur l'appareil circulatoire du premier de ces groupes.

Procédant comme pour les Isopodes, je vais décrire brièvement le système circulatoire des Amphipodes, tel que me l'ont montré mes injections.

Le *cœur dorsal* occupe ici la plus grande partie du thorax. Il est maintenu en place par trois séries de brides, l'une médiane dorsale, les deux autres latérales et symétriques. Il est, normalement, percé de trois paires d'*ouvertures cardio-péricardiques*. Il en naît deux *aortes*, l'une *supérieure*, l'autre *inférieure* ou *abdominale*, qui, l'une comme l'autre, continuent absolument sa direction, et qui sont, à leur origine, munies de valvules à deux lèvres. En outre, chez les Crevettines sauteuses, le cœur émet en avant deux *artères faciales* ophthalmiques.

L'*aorte supérieure* monte verticalement dans la tête. Là elle se dédouble au niveau du cerveau en deux branches, situées dans un plan sagittal, et qui passent l'une dorsalement par-dessus le cerveau, l'autre par-dessous, dans l'intérieur du collier œsophagien, en arrière de l'œsophage. Voici donc constitué un *anneau vasculaire péricérébral* sagittal qui est caractéristique des Amphipodes. Mais, en outre, aussitôt l'aorte constitue un second *anneau vasculaire périœsophagien*, situé dans un plan perpendiculaire au précédent et qui est tout à fait homologue de celui des Isopodes.

L'artère prénervienne n'est pas représentée chez les Amphipodes.

Le sang, amené à la tête par l'aorte supérieure et fourni aux antennes ainsi qu'aux appendices buccaux par des branches de celle-ci, tombe dans un grand *sinus ventral* qui occupe toute la face antérieure de l'animal, entre les téguments et le tube digestif. Celui qui est amené à l'extrémité inférieure du corps par l'*aorte abdominale* tombe directement dans ce *sinus ventral*, chez les Crevettines sauteuses; chez les Crevettines marcheuses, il circule au préalable dans les trois dernières paires de pattes abdominales, auxquelles il est conduit par des ramifications de l'aorte inférieure. De ce *sinus ventral* le sang va dans les appendices, où il retrouve des canaux à parois propres, quelque peu incomplètes, mais dont j'ai pu suivre, entre les muscles, les sinuosités parfaitement définies. Une partie seulement se rend dans les branchies, annexées sous la forme de vésicules aux pattes thoraciques. Il y entre par un canal afférent interne, et en sort par un canal marginal, qui est en communication avec les *canaux péricardiques*. Ceux-ci sont constitués, pour le thorax, par les sept canaux efférents des pattes et des épi-

mères et, pour l'abdomen, par les six vaisseaux qui correspondent aux appendices de cette partie du corps. Tous ces canaux rampant sous les téguments du dos, ramènent le sang dans un péricarde parfaitement clos, dans l'intérieur duquel sont placés le cœur et l'aorte inférieure.

Cet appareil est modifié chez les Corophies (les seules des Crevettines marcheuses que j'aie pu étudier), en raison de ce fait, déjà signalé plus haut, que les trois dernières paires d'appendices de l'abdomen reçoivent leur sang du cœur par les artères issues de l'*aorte inférieure*; ce sang ne tombe qu'ensuite dans le sinus ventral. Comme, en outre, celui des trois premières paires d'appendices abdominaux, venu du sinus, rentre dans cette même cavité, il en résulte qu'il n'y a pas là de *vaisseaux péricardiques* abdominaux.

On voit que, chez les Amphipodes, une grande partie du sang retourne au cœur sans avoir respiré, et qu'il y est mixte dans toute l'étendue du système circulatoire; sans que les organes importants soient en aucune façon favorisés.

Comparaison entre les Amphipodes et les Isopodes.

Les différences qui paraissent, au premier abord, absolues, entre le système compliqué des Isopodes, très ramifié, très élevé au point de vue respiratoire, et le système bien plus simple, bien plus lacuneux des Amphipodes, sont au fond moins grandes qu'on ne serait tenté de le croire.

Pour ce qui est du fait que le cœur est abdominal chez les Isopodes, tandis qu'il est thoracique chez les Amphipodes, je ferai remarquer d'abord que cela a peu d'importance, puisqu'il ne s'agit là que d'un vaisseau dorsal, différencié en cœur dans l'une ou l'autre de ses parties. D'ailleurs on peut rencontrer, chez les Isopodes, toute une série de types intermédiaires, chez lesquels le cœur s'avance de plus en plus dans le thorax.

Pour ce qui est de la naissance terminale de l'*aorte inférieure* chez les Amphipodes, tandis que les deux *artères abdominales* des Isopodes naissent du cœur ventralement, c'est là une différence secondaire. Il faut considérer les points où le cœur émet ces artères, dans l'un et l'autre groupe, comme morphologiquement identiques. Chez les Isopodes le cul-de-sac inférieur est une sorte d'anévrysme physiologique développé secondairement sur la face dorsale du cœur.

L'existence de l'*anneau péricérébral* sagittal est certes spéciale aux Am-

phipodes. Il faudrait, peut-être, en chercher l'homologue chez les Isopodes dans de petites artères naissant précisément sur la ligne médiane de la face dorsale de l'aorte, l'une au-dessous, l'autre au-dessus du ganglion cérébral, et qui s'anastomosent en arrière de lui.

Quoi qu'il en soit de ces divergences de détail, il reste comme différence fondamentale que, chez les Amphipodes, les vaisseaux afférents des membres viennent du sinus ventral et non du cœur, et que leurs vaisseaux efférents se rendent au péricarde et non au sinus ventral. Dans les deux groupes le sens de la circulation des membres se trouve par suite interverti.

Mais cette difficulté ne se présente que pour les appendices du thorax. En effet, pour ce qui est des appendices abdominaux, le sang qui s'y rend chez les Isopodes vient du sinus ventral tout comme chez les Amphipodes. La seule différence, c'est que dans le premier cas les membres abdominaux sont adaptés à la fonction respiratoire.

Si nous voulons maintenant arriver à une assimilation pour la circulation du thorax, nous devons, en premier lieu, nous demander ce que sont devenus, chez les Isopodes, les *canaux péricardiques* thoraciques des Amphipodes; en second lieu, chercher comment ont pu se constituer les *artères thoraciques* des Isopodes. Eh bien! les *canaux péricardiques* des Amphipodes se retrouvent, chez les Isopodes, dans ces lacunes que nous avons vues ramener directement au cœur un peu de sang qui n'a pas passé dans l'abdomen, c'est-à-dire qui n'a pas respiré, et qui se trouve exactement dans les mêmes conditions que le sang revenu des appendices thoraciques, chez les Amphipodes. Pour ce qui est des *artères thoraciques*, ce sont des lacunes qui se sont endiguées et mises en rapport direct avec le cœur.

Par ce fait seul le sang de ces lacunes est mécaniquement obligé de suivre une route inverse de celle qu'il suivait quand il se trouvait là à l'état de liquide simplement cavitaire. Directement chassé par les contractions du cœur, il prend une voie centrifuge et se rend aux appendices. Lorsqu'il en sort, une seule voie lui est ouverte, celle de l'abdomen, où il se comporte exactement de même que chez l'Amphipode, sauf que, en outre, il y respire. Quant au mode d'endiguement qui a formé les *artères thoraciques*, tout comme il a constitué l'*artère prénervienne*, c'est celui qu'on voit appliqué constamment dans la formation des voies sanguines chez les Invertébrés.

3. — *Lémodipodes.*

Les travaux qui existaient jusqu'en 1880 sur la circulation des Caprellidés, dus à Goodsir (1842), à Frey et Leuckart (1847), à Fritz Müller (1864), à Dohrn (1866), à Gamroth (1878), enfin à G. Haller (1879), ont, comme nous l'avons vu pour les travaux relatifs aux Isopodes et aux Amphipodes, mis en évidence un certain nombre de faits isolés, sans les élucider tous.

Je crois pouvoir revendiquer pour moi la priorité sur les points suivants : détermination du nombre exact des orifices du cœur, qui est de trois paires; démonstration des valvules cardio-aortiques; de la disposition de l'aorte antérieure et de son anneau péricérébral; du mode de terminaison de l'aorte inférieure par trois branches comme chez les Corophies, enfin de l'existence d'un péricarde, qui, pour être large et irrégulier, n'en est pas moins parfaitement clos, excepté dans les points déterminés où les vaisseaux efférents des appendices se jettent dans sa cavité. Je fus obligé de laisser de côté l'étude des Cyamidés, parasites des Baleines, et qui, bien entendu, ne se rencontrent pas à Roseoff. C'est la Caprelle qui m'a servi de type.

Voici, en résumé, la description du système circulatoire de ce petit être. Du cœur, situé tout le long du dos, percé de trois parois d'orifices cardio-péricardiques, lesquels sont munis de valvules analogues aux valvules sigmoïdes des Vertébrés, part une *aorte supérieure* céphalique, qui forme un anneau sagittal péricérébral, tout pareil à celui des Amphipodes, et qui se perd presque aussitôt après à la base du labre, dans le sinus ventral. Elle ne fournit que deux paires de branches antennaires et ne forme pas d'anneau périœsophagien. Cette dérogation à la règle ne doit pas surprendre chez un animal petit, simple et dégradé. L'*aorte inférieure*, qu'il ne faut pas appeler abdominale puisque l'abdomen n'est représenté ici que par un petit tubercule, continue le cœur dans les sixième et septième anneau thoracique, après avoir émis deux courtes branches latérales, qui contournent l'intestin et s'ouvrent à plein canal dans le sinus ventral. Le sang qui suit la branche médiane arrive directement dans la dernière paire d'appendices, tandis que celui des autres appendices leur est amené au sortir du sinus ventral. Ce sont là des dispositions d'Amphipodes, et plus spécialement ce sont celles de la Corophie. On sait qu'ici les 3e et 4e paires d'appen-

dices thoraciques sont transformées en sacs branchiaux, d'ailleurs très rudimentaires. Le sang du sinus ventral parcourt tous les appendices, qu'ils soient branchiaux ou locomoteurs, et revient au cœur par des canaux péricardiques extrêmement courts, à cause des ondulations que forme le péricarde en s'élargissant en face de chaque paire d'appendices.

En résumé, l'appareil circulatoire des Caprelles, réduit comme chez tous les animaux de très petite taille, encore simplifié par l'atrophie de l'abdomen, ressemble à celui des Crevettines marcheuses, par lesquelles ces animaux se rattachent, à ce point de vue, aux Amphipodes proprement dits.

4. — *Asellotes hétéropodes.*

(*Tanaidés*).

Chez ces êtres, les appendices abdominaux ont perdu toute fonction respiratoire et les globules du sang n'y pénètrent même pas. En outre, il s'est formé un céphalothorax par la soudure de un (*Tanais*) ou deux (*Apseudes*) anneaux thoraciques avec la tête. Ce céphalothorax forme, par expansion latérale de la carapace, une cavité branchiale absolument semblable à celle des Crabes, par exemple, et surtout des Cumacés. Un courant d'eau la traverse dans le même sens que chez les Décapodes; il est provoqué, tout comme chez ceux-ci, par le mouvement de certains appendices de la bouche. Même, chez les Apseudes, en outre de la branchie dont j'ai pu démontrer l'existence dans la carapace, existent, sur les pattes des première et deuxième paires, des appendices spécialement respiratoires. Par tous ces caractères, ainsi que par leurs yeux, non mobiles il est vrai, mais articulés avec la tête, les Tanaidés se rapprochent des Crustacés podophthalmes. Ils se rapprochent des Isopodes par la forme générale de leurs corps, par l'uniformité et l'aspect de leurs appendices abdominaux foliacés, par l'existence de deux aortes abdominales et par la forme de la partie inférieure de leur péricarde.

Mais en dehors de ces caractères, l'allure générale de leur appareil circulatoire les rapproche des Amphipodes. Citons, en effet, la forme et la position du cœur; l'absence d'artères nées de cet organe en dehors des aortes; le petit nombre des ramifications artérielles; le sinus ventral situé sur le trajet du cœur aux appendices; les canaux péricardiques thoraciques; le collier périœsophagien mal endigué, et ne donnant pas naissance à un vais-

seau ventral médian. Enfin, ils s'en rapprochent surtout par la présence d'un collier vasculaire péricérébral sagittal, caractéristique des Amphipodes. En présence de tous ces faits, qui placent les Asellotes Hétéropodes plus près des Amphipodes que des Isopodes, et aussi près des Podophthalmes que des Édriophthalmes, on ne devra pas s'étonner de voir rejeter leur étude à la fin de ce mémoire.

En dehors du résumé que je viens de présenter, le point sur lequel je désire attirer encore un instant l'attention est la *branchie céphalique*, dont mes injections m'ont permis de démontrer la fonction. Ici, en effet, le sang veineux, qui revient des appendices de la bouche, ne tombe pas dans le sinus ventral; il se rend, ainsi que celui des antennes, à la branchie céphalique et, de là, directement au péricarde. Il faut remarquer que les vaisseaux afférents de cette branchie ont des origines multiples. Les uns sont purement artériels, les autres sont veineux, d'autres enfin sont mixtes. La branchie elle-même est des plus simples. Elle rappelle celle du telson des Cymothoadiens, qui est formée d'une lame chitineuse épaisse et résistante doublée d'une membrane mince. La première est représentée ici par la portion latérale de la carapace, la seconde est celle qui tapisse toute la cavité branchiale. Entre elles deux, des points de soudure les réunissent par places, laissant des lacunes que les globules doivent parcourir en zigzags. Tout le sang, même celui qui provient des artères, est plus ou moins chargé d'acide carbonique. Il s'hématose au voisinage de la couche d'eau constamment renouvelée, de la cavité branchiale.

En terminant, je reviendrai sur les dispositions si caractéristiques que présente, chez les Crustacés que je viens d'étudier, l'appareil circulatoire dans ses rapports avec les systèmes nerveux et digestif. Dans leurs remarquables travaux sur les Arthropodes, MM. Blanchard et Alph. Milne-Edwards ont rencontré des faits analogues. En plaçant l'animal dans la position verticale, le collier périœsophagien des Arachnides est situé au-dessous du collier nerveux et l'artère récurrente, *spinale*, qui s'en détache, est accolée à la face postérieure de la chaîne ganglionnaire. Chez les Limules, étudiées par M. Alph. Milne-Edwards, le collier nerveux périœsophagien est contenu dans l'intérieur même de l'anneau vasculaire, et la chaîne ganglionnaire est placée au centre d'une artère récurrente, homologue de l'artère spinale des Scorpions.

Or, il résulte des recherches que je rappelle dans cette notice que, chez les Crustacés Isopodes, le collier périœsophagien vasculaire et l'artère prénervienne sont situés, non en arrière, ni à l'entour, mais en avant des

centres nerveux, entre eux et les téguments. Ces rapports si constants et si nets sont-ils l'indice d'une différence essentielle dans le plan d'organisation de ces divers types d'Arthropodes? Je ne le pense pas. Ainsi que le fait remarquer M. Alph. Milne-Edwards, toute la différence entre la Limule et le Scorpion provient de ce que les cellules, primitivement indifférentes, qui, par leur soudure, se sont constituées en membranes pour former des vaisseaux, ont endigué, chez la première, la totalité du courant sanguin qui baigne les centres nerveux; tandis que, chez les Scorpions, elles n'ont isolé de la sorte qu'une partie de ce même courant. Chez les Isopodes, il en est de même; mais les cellules vasculaires ont opéré leur réunion en avant et non en arrière du système nerveux.

M. Alph. Milne-Edwards conclut, avec raison, du rapport des vaisseaux avec le système nerveux chez les Limules, que celui-ci a dû se développer avant ceux-là. Cette assertion peut s'étendre aux Édriophthalmes. Chez tous ces Crustacés, les artères se dédoublent chaque fois qu'elles croisent le tube digestif ou le système nerveux, pour les contourner, et former autour d'eux un anneau, sans que jamais l'inverse ait lieu. Or, on peut, se basant sur ce fait et sans attendre le contrôle des recherches embryogéniques, affirmer que le tube digestif et le système nerveux central se sont formés, chez l'embryon, avant les portions périphériques des organes de la circulation.

Circulation et respiration chez les Crustacés Schizopodes.

La carapace des *Mysis* présente, lorsqu'on l'examine à de faibles grossissements, des lacunes dont la disposition, rappelant celle de la branchie céphalique que j'ai fait connaître chez les *Tanais*, me conduisit à rechercher s'il n'y avait pas, là aussi, quelque organe respiratoire. Pour arriver à la solution de cette question, il fallait connaître exactement le système circulatoire des Schizopodes : telle est l'origine de ce travail, pour lequel j'eus recours à ce même procédé des injections, combiné avec l'examen du mouvement des globules, qui m'avait déjà donné des résultats intéressants, lors de mon étude de la circulation des Crustacés Édriophthalmes.

Le *cœur*, sur les dimensions et les limites duquel il existait encore certaines obscurités, occupe près de la moitié du céphalothorax. L'emplacement des valvules cardio-aortiques, dont je pus reconnaître la présence, marque sa terminaison exacte tant en haut que vers l'abdomen. Le sang y

pénètre par deux paires seulement d'ouvertures cardio-péricardiques. Le *péricarde* entoure étroitement le cœur. Il reçoit dans sa partie dorsale les canaux qui ramènent le sang des lacunes de la carapace; dans sa portion ventrale, ceux qui ramènent le sang des pattes. Il communique en outre, en bas, avec les lacunes de la partie dorsale.

Le cœur donne naissance, en haut, à une *aorte céphalique*, en bas à une *aorte abdominale*, en avant à une *aorte sternale* impaire et très volumineuse, et en outre à quelques autres artères très petites, destinées aux viscères. L'*aorte abdominale* descend dans l'abdomen en suivant la ligne médiane du dos et accompagne l'intestin jusqu'à sa terminaison dans le telson. Chemin faisant, elle fournit à droite, à gauche, ou en avant, une série de branches destinées aux muscles ou à l'intestin. Ces dernières, en s'anastomosant entre elles vers le haut et vers le bas, simulent deux vaisseaux qui suivraient, l'un la face antérieure de l'intestin, l'autre la chaîne nerveuse; mais ces vaisseaux ne sont pas continus. L'*aorte céphalique* suit, vers le haut, les sinuosités de la carapace, s'incurve en avant pour passer entre le cerveau et l'œsophage, et, sans s'arrêter là comme on le croyait, s'incurve de nouveau pour descendre dans la lèvre supérieure. Chemin faisant, elle fournit, par sa convexité dorsale, un tronc commun pour les artères ophthalmiques, une artère cérébrale et les artères antennaires. Cette aorte céphalique forme, au niveau de la partie inférieure de l'estomac (en supposant toujours l'animal placé verticalement la tête en haut), une paire de poches en cul-de-sac, auxquelles les injections les plus pénétrantes et les plus poussées ne m'ont jamais montré d'issues. Il n'y a là ni communication avec le système veineux, ni résolution brusque d'un gros tronc en fines artérioles.

Les *artères hépatiques* font partie du groupe des vaisseaux émanés du cœur ventralement. Elles se résolvent sur le foie, en un riche réseau très semblable à celui que j'ai décrit et figuré chez les Isopodes. Sans insister sur une ou deux très fines artères qui naissent du cœur plus bas que les artères hépatiques, j'arrive à la très importante *artère sternale*. Cette artère, qui avait échappé à Van Beneden et que Sars n'a vue que partiellement, se comporte, avec une extension moindre, comme celle des Décapodes. En effet, elle forme, après s'être dirigée ventralement à gauche de l'intestin, un tronc *prénervien ascendant*, qui fournit à la chaîne nerveuse, et surtout aux pattes et aux pattes-mâchoires. Elle forme aussi un tronc *prénervien descendant*, fort rameau issu un peu en arrière de l'angle droit formé par l'artère principale. C'est ce tronc qui, après avoir irrigué les pattes des deux derniers anneaux thoraciques et ces anneaux eux-mêmes, se perd dans

les muscles de la région avoisinante, sans fournir le riche système prénervien abdominal des Décapodes.

Dans cette description ne trouvent pas place, et cela parce que je crois pouvoir affirmer qu'elles n'existent pas, les deux artères collatérales de l'aorte céphalique que Van Beneden et Sars avaient décrites, comme émanées du cœur en avant, à la façon des deux artères antennaires des Décapodes.

Le système veineux est, comme chez tous les Arthropodes, constitué par des lacunes réservées entre les organes. La principale est située dans le thorax. Deux courants supérieurs et un inférieur viennent y confluer. Le courant supérieur est formé par la portion du sang, venu de la tête, qui ne s'est pas engagé dans la carapace pour y respirer. Les deux inférieurs, ascendants (tandis que Van Beneden considérait le plus ventral comme centrifuge), sont constitués par le sang amené à l'abdomen par l'aorte inférieure. L'un des deux accompagne cette aorte elle-même, l'autre suit la chaîne nerveuse. Arrivés, dans leur trajet centripète, à la base du thorax, ils ont une destination différente. Le courant ventral se jette tout entier dans la grande lacune thoracique. Le courant dorsal n'en fait autant que pour une partie, tandis que, pour le reste, il rentre directement dans le péricarde par les ouvertures inférieures et dorsales mentionnées plus haut.

Que devient le sang de la grande lacune thoracique? Une partie va grossir le courant afférent de la branchie. Le reste revient au cœur, mais non pas immédiatement, comme le croyait Van Beneden. Il lui faut d'abord circuler dans les pattes, en se divisant en deux branches, une pour chaque rame. Après quoi, pour sept des paires d'appendices, il naît des canaux *cruro-péricardiques* bien limités, et ces sept paires de canaux aboutissent au péricarde. La deuxième paire de pattes-mâchoires se comporte dans cette circulation, comme les six paires de pattes thoraciques, ce qui donne le nombre de sept canaux cruro-péricardiques. Au contraire, la première paire de pattes-mâchoires, les mâchoires et les mandibules envoient leur sang veineux dans le courant afférent de la branchie.

Quant à la branchie, pour désigner ainsi brièvement l'appareil d'hématose qui existe dans la carapace de l'animal, elle présente dans sa disposition générale des ressemblances frappantes avec celle des *Tanais*. Dans sa constitution intime elle est parallèle à la fois à celle-ci et aux lames branchiales abdominales des Isopodes. C'est dire que les globules, sans cesse arrêtés dans leur marche rectiligne par les points de suture qui unissent la paroi

externe, épaissie, de la carapace à sa paroi interne, amincie, ont tout le temps de s'hématoser au voisinage de l'eau qui forme un courant rapide dans la cavité inférieure de la carapace, sous l'action des palpes natatoires et du fouet de la première patte-mâchoire.

J'ai indiqué d'où le sang arrive à cette branchie, mais je veux rappeler spécialement les courants veineux qui viennent du sinus thoracique, parce que ce sont eux certainement que Van Beneden a pris pour une paire d'artères collatérales de l'aorte céphalique, sans se rendre compte qu'ils ne sortaient pas du cœur lui-même, mais arrivaient par-dessous cet organe. Les injections ne laissent aucun doute sur ce fait, non plus que sur ceux que j'ai allégués dans le cours de la description précédente.

En résumé, la circulation de la *Mysis*, déjà presque aussi perfectionnée que celle des Décapodes, est en partie vasculaire, en partie lacunaire, et la séparation reste incomplète entre le sang veineux et le sang artériel.

Considérations générales.

Frey et Leuckart ont été les seuls à placer dans la carapace le siège de la respiration. Ils ont vu du sang veineux y arriver, s'y étaler en lame mince dans des lacunes sans parois propres, et retourner au péricarde.

Au contraire Thompson attribuait la fonction respiratoire aux rames externes des pattes, se fondant surtout sur leur état continuel d'agitation. Milne-Edwards localisa cette fonction dans le fouet des seules pattes-mâchoires de la première paire. Quant à Van Beneden, il ne vit pas du tout le rôle de la carapace. Sars crut que la respiration se faisait dans les gros canaux cruro-péricardique, à cause de leur situation superficielle sur les parois latérales du corps, au voisinage de l'eau qui circule sous la carapace. Il était surtout conduit à cette appréciation par le fait que ces canaux lui paraissaient former des dilatations sacciformes, où le sang dovait, selon lui, séjourner pour s'anastomoser. Les *Mysis Chamæleo* ne m'ont qu'exceptionnellement montré quelque chose d'analogue, quoique très réduit. Mais en serait-il toujours ainsi chez le *Mysis oculata* que Sars a étudiée, que je n'accepterais pas davantage cette opinion. Jamais, en effet, le sang ne s'hématose en colonne épaisse, ni en masse stagnante. Partout où il existe un appareil respiratoire, nous voyons les vaisseaux ou les lacunes s'étaler et multiplier les surfaces. Mais Sars, outre ces raisons physiologiques que je repousse, se fondait aussi sur des raisons morphologiques. Il voyait dans

ses ampoules les représentants, encore peu développés, des branchies des Décapodes. Celles-ci seraient donc des expansions sacciformes de la paroi du corps, hautement différenciées pour multiplier les surfaces, et ne seraient pas fixées sur le premier article des pattes. Ce serait à l'embryogénie à trancher la question, car, anatomiquement, chez les Décapodes, l'origine de la branchie pourrait assez bien être rapportée à la paroi même du corps. Or, jusqu'ici, les embryogénistes sont muets. Mes propres recherches sur les Zoés ne m'ont encore renseigné qu'insuffisamment, quoique le peu que j'ai vu ne paraisse pas favorable à l'opinion de Sars.

Au cours de mon travail, en constatant que la moitié longitudinale postérieure de la partie dorsale des pattes présentait une certaine individualité au point de vue circulatoire, et qu'il y avait là un canal assez indépendant, quoique relié au courant principal de la patte par de nombreuses anastomoses, je m'étais demandé si cette disposition ne pourrait pas se rapporter à l'apparition d'une branchie, qui se formerait ainsi par une scission longitudinale du membre.

Ce serait une ébauche de la branchie des Décapodes. Cette hypothèse n'est, il est vrai, guère mieux que celle de Sars, établie sur des raisons ontogénétiques ou philogénétiques, et il me paraît prudent d'attendre que l'embryogénie ait parlé, avant d'adopter l'une ou l'autre de ces deux opinions.

Pour le moment, tout ce que je peux dire avec certitude, c'est que, physiologiquement, l'appareil de Sars n'est pas une branchie, et que la carapace suffit largement à la fonction respiratoire.

En terminant ce travail, je voudrais rappeler que tous les auteurs ont signalé les ressemblances des Mysis, et en général des sous-ordres inférieurs des Podophthalmes, avec les Décapodes macroures et surtout avec leurs larves. Ces ressemblances sont très réelles; quelques-uns des faits indiqués ci-dessus viennent encore en grossir le nombre.

Chez les Décapodes, les pattes reçoivent tout leur sang de l'artère sternale. Chez les Mysis cet endiguement existe, mais moins prononcé et, quoique les rameaux de l'artère sternale fournissent aux pattes, celles-ci ne reçoivent pas moins une partie de leur sang de la lacune thoracique. C'est donc là, chez la Mysis, un degré de perfectionnement intermédiaire. Passons à la branchie de la Mysis, constituée par le bouclier dorsal. On pourrait être tenté de voir là un organe spécial aux Schizopodes, et de nature à les éloigner considérablement des Décapodes. C'est vrai pour les adultes de ceux-ci; mais en étudiant des larves à divers états de développement, j'ai découvert chez elles un organe tout pareil à celui de la Mysis et j'ai pu me convaincre

de son caractère fonctionnel en y voyant circuler activement les globules. Ceux-ci, venus de la région céphalique, pénétraient dans le péricarde après avoir circulé dans les lacunes du bouclier. J'ai pu constater ce fait chez de jeunes Zoés, chez des larves pélagiques indéterminées paraissant appartenir à des Salicoques et représentant un état moins avancé que le stade Mégalope des Brachioures, et en outre chez de jeunes *Palæmon* déjà longs de 10 millimètres. Mais, dans ce dernier état très avancé, les branchies des pattes étaient déjà bien formées et l'on voyait le sang y circuler activement. En raison de ce fait, la branchie cutanée provisoire de la larve commençait à abandonner son rôle et n'était plus parcourue que par de rares globules. Cet organe transitoire se borne, par la suite, en s'endurcissant, à protéger les tissus délicats qu'il recouvre. Nous sommes donc fondé à conclure que, par leur branchie cutanée permanente, les Schizopodes représentent, comme par tant d'autres caractères, un stade des larves des Décapodes. Leur appareil circulatoire correspond aussi, dans son ensemble, à celui des Décapodes avec un cachet spécial de différenciation moins parfaite. Enfin la transition, que j'ai essayé de montrer ailleurs entre les Édriophthalmes de la famille des Tanaidés et les Podophthalmes, se trouve adoucie tant par l'étude des types les plus imparfaits de ce dernier groupe que par celle des larves des animaux qui en sont les représentants les plus élevés.

M. le professeur Claus, de Vienne, a donné un an plus tard une description de l'appareil circulatoire des Mysis. Ses résultats concordent avec les miens dans les points essentiels et fournissent ainsi une preuve d'autant meilleure de leur exactitude que M. Claus n'avait pas eu connaissance de mon travail. J'ai même dû faire une réclamation de priorité à ce sujet.

Évolution de la Sacculine.

La Sacculine, ce curieux parasite que Cavolini, qui l'avait découvert, avait pris pour une production pathologique, avait attiré l'attention de nombreux savants et, après les travaux de Wright, Anderson, Fritz Mueller, Leuckart Lilljeborg, on connaissait dans ses grandes lignes l'organisation de l'adulte, et l'on savait que les embryons étaient des Cypris, mais, sur les transformations que subit la Cypris pour devenir Sacculine, on n'avait pu donner jusqu'alors la moindre indication.

C'est pour combler cette importante lacune, subsistant dans le cycle évolutif de ce parasite, que j'entrepris ce travail qui comprend les dix chapitres suivants :

1. Introduction.
2. Bibliographie.
3. Plan du travail.
4. Organisation de la Sacculine à l'état parfait.
5. Physiologie spéciale de l'individu à l'état adulte.
6. Embryogénie.
7. Comment la Sacculine devient externe.
8. Mâles larvaires.
9. Biologie de la Sacculine. Tableau statistique.
10. Considérations générales et conclusions.

Dans l'introduction je fais ressortir combien, en Zoologie, les hypothèses les plus séduisantes, les théories les plus rationnelles, les inductions les mieux conduites n'ont pas la valeur d'un fait positif; la nature s'observe, elle ne se devine pas.

ORGANISATION DE L'ADULTE.

Après avoir, dans le chapitre relatif à la bibliographie, établi l'historique de la question, suivi les différentes étapes des découvertes successives, en

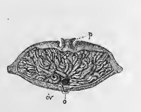


Fig. 34. La Sacculine ouverte montrant la ponte dans la cavité palléale *ov.* *o*, orifice cloacal; *p*, pédicule.

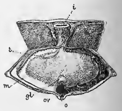


Fig. 35. — La Sacculine ouverte montrant la masse viscérale. *gl*, glande chitinogène; *m*, mésentère; *t*, testicule; *i*, intestin du Crabe.

indiquant ce qui revient à chacun des savants qui se sont occupés de l'histoire de la Sacculine, et après avoir tracé dans ses grandes lignes le plan du travail que j'ai entrepris, je précise l'organisation de la Sacculine à l'état parfait en étudiant la configuration extérieure, la conformation intérieure, le manteau, sa couche chitineuse externe, sa couche chitineuse interne, les rétinacles (fig. 36), ces curieux appareils de rétention des produits génitaux

répandus sur la paroi de la cavité palléale et qui avaient échappé à tous les observateurs, la couche épithéliale conjonctive, l'endothélium, le cloaque; la masse viscérale, sa forme et sa paroi, ses rapports avec le manteau; le mésentère; l'ovaire, avec son canal médian, ses masses latérales, ses tubes ovariques, sa structure; l'ovogénèse et la constitution de l'œuf; les oviductes, leur conformation et leur structure chez l'adulte et chez le jeune; les glandes chitinogènes, la cavité incubatrice, les tubes ovifères; les mues intérieures et le développement des rétinacles, les testicules; le système nerveux; la membrane basilaire et les racines, sa conformation, sa structure, les follicules lagéniformes, le pédicule et le système lacunaire (fig. 34, 35, 36). Voir aussi les figures 1 et 2 de la 1re partie (p. 6 et 7).



Fig. 36. — Un rétinacle très grossi.
c, débris d'un tube ovifère.

PHYSIOLOGIE DE L'ADULTE.

Dans le chapitre traitant de la physiologie spéciale de l'individu à l'état adulte, j'ai étudié la nutrition et la reproduction, les deux seules fonctions qui aient une réelle importance chez la Sacculine.

La nutrition de la Sacculine se fait uniquement par les filaments radiciformes qui ont envahi la cavité générale de l'hôte jusque dans les points les plus reculés et qui, chez le jeune Crabe de 3 mois, sont en moins grand nombre, mais présentent une extension aussi grande que chez l'adulte. Les racines sont déjà munies dans le jeune âge de leur appareil lagéniforme et pompent activement le plasma de la cavité générale du Crabe qui est distribué en montant le long des racines dans les lacunes du parasite. Chez l'adulte, l'appareil lacunaire s'organise et le plasma sanguin suit des voies principales formées par la réunion des lacunes.

On trouve ainsi, partant d'un carrefour pédonculaire dans lequel chaque racine vient déverser son courant plasmatique, trois voies principales qui desservent le corps, savoir : une pour le manteau, une pour la partie inférieure de la masse viscérale par l'intermédiaire du canal du mésentère et une par le diverticulum, qui dessert la partie supérieure des organes génitaux.

Les racines jouent pour la Sacculine par rapport au Crabe le même rôle

que, chez les Mammifères, le placenta pour le fœtus par rapport à la mère.

En ce qui concerne les fonctions reproductives, les œufs accomplissent dans les tubes ovifères qui remplissent la cavité incubatrice toutes les phases de leur développement embryonnaire, et ces tubes sont retenus dans cette cavité par les rétinacles. L'orifice du cloaque s'ouvre de plus en plus, les contractions des muscles du manteau s'accentuent et on voit alors sortir par l'orifice du cloaque, sous les efforts des contractions musculaires, un petit nuage de points blancs qui sont les embryons de la Sacculine arrivés un stade Nauplius; les tubes ovifères se sont déchirés et, ne pouvant être expulsés puisqu'ils sont retenus par les rétinacles, permettent aux Nauplius de se libérer de leur enveloppe et d'être expulsés au dehors.

Après que les Nauplius ont été expulsés des tubes ovifères par les contractions du manteau, a lieu le phénomène de la mue.

Tout le revêtement chitineux tapissant la cavité palléale et obstruant les orifices génitaux se décolle de la paroi pour être expulsé par le cloaque et c'est alors que la fécondation est rendue possible et que les spermatozoïdes, trouvant l'entrée de l'oviducte libre, peuvent arriver aux ovules, soit dans la cavité même de l'ovaire, soit lorsque ceux-ci sont déjà contenus dans les tubes ovifères.

Après deux à quatre jours de repos, a lieu une nouvelle ponte, qui est précédée de la sortie des tubes ovifères.

On croyait jusqu'ici que les tubes ovifères étaient formés par une sécrétion d'abord fluide et que cette sécrétion, après avoir entouré les œufs, se coagulait en membrane pour former les tubes ovifères. Mais il n'en est rien : ces tubes ovifères sont formés d'emblée et de toutes pièces par les glandes chitinogènes. Ces glandes sont formées de tubes ramifiés venant déboucher dans une dilatation de l'oviducte. Après la mue de la cavité palléale, on voit sortir par l'orifice vulvaire un petit bouquet de tubes froissés qui vient faire saillie dans la cavité palléale et qui représente exactement le moule chitineux de la cavité de la glande; c'est la mue de cette glande. Aussitôt après, on voit les œufs affluer dans l'intérieur de ces tubes froissés qu'ils dilatent considérablement et qu'ils distendent en totalité en moins de 3 minutes. Les tubes ovifères en s'étendant dans la cavité incubatrice, rencontrent les rétinacles parsemés sur la surface interne de celle-ci et s'y accrochent d'une façon définitive. J'ai pu fixer et figurer les tubes en voie de développement et je crois pouvoir dire que cette préparation et ce dessin sont uniques, étant donné la difficulté de tuer l'animal à un moment précis qui ne dure que 2 ou 3 minutes et ne se pré-

sente qu'une ou deux fois par an. C'est cette difficulté qui explique qu'on ne s'était rendu compte de ce phénomène ni pour la Sacculine ni pour aucun autre Crustacé.

EMBRYOGÉNIE.

En étudiant l'embryogénie, je fus frappé de ce fait que les Sacculines les plus jeunes que l'on rencontre ont déjà 3 millimètres de hauteur et que les prolongements radiciformes qui en partent s'étendent déjà sur toute la cavité générale jusqu'à l'extrémité des appendices. Le grand développement des filaments radiciformes ne pouvait être l'œuvre d'un jour. Je compris alors que les affirmations qui avaient été données par certains auteurs étaient erronées, et que le développement de ces racines dans la cavité générale devait précéder l'apparition de la Sacculine externe. Je fus ainsi amené à constater sur de nombreux Crabes, tous entièrement dépourvus de toute trace de Sacculine sur l'abdomen, que déjà dans leur cavité générale ils présentaient la portion radiciforme de la Sacculine à divers états de développement. Certains exemplaires portaient même le parasite à un état tellement voisin de son début que j'eus quelque peine à le reconnaître.

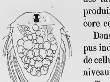
J'acquis ainsi la conviction que la Sacculine ne se fixait pas au début de sa vie parasitaire à l'endroit où on la trouve à l'état adulte, sur l'abdomen du Crabe, comme on le pensait ou comme certains l'affirmaient, mais que cet ectoparasite débutait par une vie endoparasitaire; qu'il y avait, en d'autres termes, à côté de la Sacculine externe que l'on connaissait, une Sacculine interne.

Cette découverte, tout importante qu'elle était, ne résolvait pas le problème de l'évolution de la Sacculine; elle semblait au contraire en reculer la solution en la compliquant, car on ne pouvait plus admettre les opinions de ceux qui pensaient que les embryons venaient se fixer en un point précis de la carapace du Crabe pour évoluer sur place en Sacculine externe qui aurait envoyé après coup ses filaments radiciformes dans la cavité générale de l'hôte en perforant ses téguments.

Il restait donc à montrer, pour fermer le cycle évolutif de la Sacculine, comment le Nauplius pouvait se transformer en Sacculine interne et comment cette Sacculine interne pouvait s'être introduite dans la cavité générale du Crabe, et je fus ainsi amené à étudier les transformations du Nauplius.

Période larvaire. Stade Nauplius (voir 1re partie, p. 8, fig. 3). —

Les Nauplius qui proviennent d'une Sacculine ont généralement deux formes : l'une courte, trapue, terminée par une furca obtuse (fig. 37); l'autre plus élancée et dont la furca est formée par des appendices plus grêles. J'ai pu constater que la seconde dérivait de la première à la suite d'une mue, et la présence de ces deux formes au moment de la sortie des tubes ovifères tient à ce que cette mue peut se produire hâtivement, alors que les Nauplius sont encore contenus dans la cavité palléale.


Fig. 37. — Nauplius, forme trapue.

Dans l'étude anatomique que je fis du Nauplius je pus indiquer entre autres éléments la présence d'un lot de cellules germinales situées sur la ligne médiane au niveau de la base des appendices.

Transformation du Nauplius. — Outre la première mue que nous avons signalée ci-dessus, le Nauplius subit encore trois mues successives avant de se transformer. Vers la fin du deuxième jour, six sillons transversaux font leur apparition sur la portion infra-céphalique du Nauplius. Des sept segments qu'ils déterminent, les six premiers forment le thorax et le dernier l'abdomen. Les six premiers segments bourgeonnent chacun une paire d'appendices bifides tandis que le segment abdominal en reste dépourvu. Ces appendices bifides s'accroissent et, au matin du cinquième jour, la quatrième mue met en liberté une larve cypridienne. Après avoir étudié les conditions de viabilité des Nauplius et les soins qu'il faut prendre pour les élever, j'ai donné la description anatomique de la larve Cypris.

Stade Cypris.

La Cypris venant de naître mesure deux dixièmes de millimètre de long sur huit centièmes de millimètre de large, elle est revêtue d'une carapace formée de deux moitiés symétriques continues et non articulée sur le dos. Entre ces deux valves on voit sortir en haut deux antennes, en bas six pattes biramées et une petite queue bifide. Le corps est divisé en trois segments : 1° une tête formant à elle seule les deux tiers du volume total, 2° un thorax de six articles à pattes natatoires biramées, 3° un abdomen tout à fait rudimentaire (voir 1re partie, fig. 4, p. 8).

J'ai signalé particulièrement dans l'étude détaillée que je fis de ces trois segments la présence sur les antennes d'un article terminal récurrent et celle d'une masse cellulaire arrondie occupant un espace important de la

cavité céphalique et représentant la masse germinale que nous avons déjà rencontrée chez les Nauplius; ces parties jouent un rôle important dans l'évolution ultérieure de la Sacculine.

Stade Kentrogone.

Pressentant que c'était à ce stade que la larve devait se transformer en Sacculine interne, je cherchai à mettre les Cypris dans les conditions voulues pour qu'elles pussent continuer leur évolution, et après de longues expériences qui me montrèrent que le Crabe n'était pas infesté pendant sa période larvaire, je pus constater que les Cypris se fixaient sur les Crabes jeunes mais parfaits et seulement dans des conditions déterminées : il faut que la Cypris ait mené au moins trois jours une vie libre, et la fixation ne se fait que dans l'obscurité.

La Cypris s'accroche à la base d'un poil du Crabe à l'aide de l'article récurrent qui termine son antenne, et les muscles rétracteurs de l'article en le contractant l'y attachent d'une façon définitive : il est à remarquer que jamais cette fixation n'a lieu sur la face reployée de l'abdomen.

A la base du poil du Crabe, la carapace est particulièrement vulnérable, car, au point où le poil prend insertion, la carapace est percée d'un trou circulaire d'un diamètre plus grand que celui du poil, et l'espace annulaire resté libre n'est fermé que par une membrane molle.

Transformation de la Cypris. — Dès que la fixation a eu lieu, immédiatement commence une série de transformations très remarquables qui ont pour but de mettre le parasite en état de percer les segments de sa victime, chose qui lui est impossible avec les armes qu'il possède actuellement.

Le thorax entraînant les pattes et l'abdomen est complètement expulsé de la cavité de la carapace avec les parties périphériques de la tête, sauf le lot de cellules germinales et l'ectoderme qui, après cette expulsion, se complète pour fermer l'orifice resté béant à l'union de la tête et du thorax. Le sac ectodermique, une fois reconstitué, sécrète une nouvelle enveloppe chitineuse, libre dans l'intérieur de l'ancienne carapace. Ce sac, qui a la forme d'un ovoïde allongé, est terminé à son extrémité supérieure par deux lobes qui représentent les parties engagées dans les antennes, mais ces deux lobes, après avoir sécrété sous le revêtement chitineux de l'antenne une mince couche de chitine continuant directement le revêtement chitineux du sac, se décollent de leurs enveloppes et rentrent dans la masse commune du sac,

qui est formée par les cellules germinales quo nous avons suivies depuis le stade Nauplius (voir 1re partie, fig. 6, p. 11).

Dès ce moment l'ancienne carapace est complètement détachée du corps de la Cypris et tombe (fig. 8).

Seconde mue. Formation du dard. Larve Kentrogone. — Le sac a à peine fini de se constituer que déjà commence uno nouvelle série de changements qui auront pour résultat de former un dard creux au moyen duquel le parasite percera les segments de sa victime. L'ectoderme du sac sécrète sous le revêtement chitineux précédemment formé une nouvelle enveloppe chitineuse mince, qui, dans l'axe d'un des tubes antennaires restés vides, se termine en pointe : cette pointo est l'ébauche du dard. Tandis que le dard continue à s'accroître en longueur, son point d'implantation s'invagine dans le contenu du sac, et la Cypris à ce moment se présente sous la forme d'une chambre ovoïde chitineuse prolongée par les tubes antennaires, et accrochée par l'un d'eux au poil du Crabe. Cette chambre chitineuse, représentant la seconde mue, est vide dans sa moitié proximale, tout son contenu étant relégué dans la moitié distale. Le dard dont la longueur est presque égale à celle de la chambre est placé suivant le grand axe de celle-ci, il est courbe, concave en avant, et son extrémité se dirige vers l'ouverture des cavités des antennes ; il est creux et sa pointe est taillée en biseau comme celle de la canule d'une seringue à injection hypodermique. C'est à ce stade que j'ai donné le nom de Kentrogone (fig. 7 à 9).

Dévagination du dard. Perforation des segments du Crabe. Troisième mue. — Lorsque le dard a fini de se développer, le moment est proche où, perforant la paroi de sa victime, il permettra au contenu du sac de passer dans la cavité générale du Crabe ; mais comment cette perforation peut-elle s'effectuer en l'absence d'appareil musculaire? Nous avons vu qu'à la base du poil qui porte la Cypris il existe un espace annulaire fermé par une membrane mince qui constitue un point particulièrement vulnérable pour pénétrer dans la cavité générale du Crabe ; l'extrémité du dard engagée dans le tube vide de l'antenne aura là un conduit directeur le menant à coup sûr à ce point vulnérable, mais comment le dard sera-t-il poussé dans ce conduit et où trouvera-t-il la force nécessaire pour perforer la membrane? Pour atteindre ce résultat, le contenu du sac qui était relégué dans la partie distale de la chambre chitineuse s'accroît, son volume augmente et le moule chitineux qui le contient, résistant par sa nature à cette augmentation de volume, l'invagination précédemment formée se dévagine et la masse envahit graduellement la partie proximale de la chambre, repoussant

devant elle le dard qui pénètre dans le tube vide de l'antenne et vient finalement butter par sa pointe en biseau contre la membrane vulnérable de la paroi du Crabe.

L'accroissement du contenu du sac continuant à se produire et le sac étant solidement maintenu au Crabe, l'antenne présente à cet accroissement une résistance antagoniste suffisante pour que le dard sous cet effort perfore la membrane et pénètre par son extrémité dans la cavité générale de sa victime (fig. 9, p. 12). Avant même que le dard ait pénétré, l'ectoderme s'est décollé de son enveloppe, le contenu du sac s'est rétracté et une nouvelle enveloppe chitineuses est formée, abandonnant la troisième mue de la Cypris.

Inoculation de la Sacculine.

Le contenu du sac s'engage peu à peu dans la cavité du dard en s'étirant, sans que ses cellules, au moins celles de l'ectoderme, perdent leurs rapports réciproques. Ce passage est facilité par l'allongement des cellules qui sont amiboïdes. Le contenu cellulaire du sac passe ainsi dans la cavité générale du Crabe. La masse inoculée se compose de deux parties, une enveloppe extérieure de cellules ectodermiques et un amas extérieur de cellules d'origine probablement mésodermique qui n'est autre chose que la masse germinale primitive de la larve.

Période endoparasitaire. — Stade de Sacculine interne.

L'inoculation met fin à la première phase embryogénique, à la période larvaire, et inaugure la seconde, la période endoparasitaire, pendant laquelle la Sacculine est entièrement contenue dans le corps du Crabe et mérite le nom de Sacculine interne que je lui ai donné.

A son entrée dans le corps du Crabe, la Sacculine interne est en un point quelconque de la cavité générale, là où elle a été inoculée, mais quel que soit son point de départ, la Sacculine s'accroît et son point d'arrivée est toujours le même.

Invagination ectodermique. Formation de la cavité périsomatique. — La masse plasmique, une fois parvenue dans la cavité du Crabe, prolifère et forme des filaments radiciformes qui tapissent la paroi cœlomique des organes. Au début de leur formation ces racines ont une structure uniforme sur toute leur étendue, mais sur les Sacculines un peu plus âgées on con-

state qu'en un certain point où les racines se distinguent des autres par leur grosseur et qui se trouve généralement dans l'abdomen sur la face ventrale de l'intestin, il existe une membrane unie grenue d'un aspect un peu trouble, du bord de laquelle partent les racines, et qu'au centre de cette membrane se trouve une petite tumeur contenant une vésicule claire (fig. 38 et 39).



Fig. 38. — Très jeune Sacculine interne entière.

L'étude de cette vésicule m'a permis d'expliquer la formation de la Sacculine externe.

En faisant une coupe sagittale dans la région de cette vésicule claire on en trouve (fig. 40) le centre occupé par un amas sphérique de grosses cellules nucléées, entouré par une mince membrane qui le sépare complètement des parties environnantes. Autour de cette masse centrale se trouvent deux assises cellulaires concentriques laissant libre le pôle profond de cette masse cen-

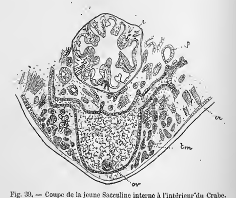


Fig. 39. — Coupe de la jeune Sacculine interne à l'intérieur du Crabe.
cr. carapace du Crabe; *i*, intestin du Crabe; *tm*, masse parenchymateuse; *p*, racines; *ov*, vésicule centrale.

trale et dont l'externe se continue avec le revêtement cellulaire superficiel de la tumeur; les choses se présentent comme si le revêtement cellulaire de la tumeur avait formé une invagination vers cette masse centrale et que cette invagination gênée par la présence de cette masse ait été forcée de s'étaler sur elle pour continuer à se produire. Cette masse centrale est formée par

le lot de cellules germinales contenues dans le sac cypridien, et l'ectoderme qui formait la paroi de ce sac a servi à constituer les racines. Depuis l'inoculation jusqu'à la formation de cette tumeur, l'ectoderme est presque seul entré en activité.

Isolement de la cavité périsomatique. Formation du manteau. — Le pédoncule d'invagination qui rattache l'ectoderme à l'enveloppe externe de la masse centrale disparaît, et cette masse revêtue de sa double enveloppe s'isole complètement dans le tissu caverneux, puis l'enveloppe interne qui constitue le feuillet palléal se délamine en deux couches, l'une externe que j'ai nommée *feuillet palléal externe* (*l. c*, fig. 40), et une in-

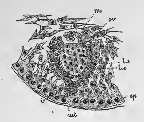


Fig. 40. — Jeune Sacculine interne, coupe de la vésicule centrale.
ep, son ectoderme; *i*, canal d'invagination: *le*, *li*, les deux feuillets invaginés; *ov*, masse germinale; *ms*, cellules mésodermiques.

terne représentant *le feuillet palléal interne* (*l. i*, fig. 40) : ces deux feuillets se séparent l'un de l'autre et le mésoderme envahit l'espace laissé libre entre eux. C'est cette couche mésodermique qui formera la couche musculaire du manteau.

Stade d'invagination nerveuse (fig. 41, 42). — A ce stade, la cavité périsomatique se remet en communication avec l'extérieur, non par un orifice simple mais une fente allongée qui s'ouvrira plus tard pour livrer passage à la Sacculine adulte, puis le feuillet palléal interne se délamine à son tour en deux feuillets, un externe qui constitue le feuillet palléal interne proprement dit et un interne qui forme le feuillet périviscéral. La cavité de séparation do ces deux feuillets représente la future cavité incubatrice. La délamination n'intéresse pas la totalité du feuillet, elle n'a pas lieu le long d'une ligne verticale située sur le côté droit par rapport au Crabe et c'est ainsi que se forme la première ébauche du mésentère. De

même, en un point situé à gauche, la délamination n'a pas lieu et, en regard de ce point, le feuillet palléal externe qui est d'origine ectodermique se prolonge en un amas fusiforme de cellules qui pénètre dans la masse centrale en traversant le feuillet palléal interne. Pendant que ces formations prennent naissance, les cellules mésodermique envahissent l'espace compris entre la masse centrale qui représente l'ovaire et le feuillet pariétal et finissent par isoler ces parties en acquérant une épaisseur presque égale à celle de l'ovaire. De chaque côté du mésentère la paroi de la cavité incubatrice s'invagine dans la masse viscérale et ces invaginations en s'isolant forment les canaux déférents.

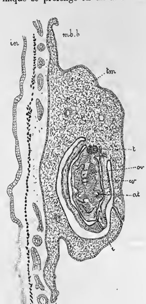


Fig. 41. — Sacculine interne, au stade où elle va devenir externe, en coupe sagittale.
in, Intestin du Crabe; *mb.b*, membrane basilaire d'où partent les racines; *i*, cavité périphérique, *cv*, cavité viscérale; *ov*, ovaire; *t*, testicule; *at*, atrium; *tm*, masse parenchymateuse.

Formation de l'atrium et des glandes cémentaires. Formation des testicules. Ramification de l'ovaire. — De chaque côté de la masse viscérale, symétriquement, se forme une invagination du feuillet viscéral et chez les exemplaires un peu plus âgés on trouve en chacun de ces points une poche cellulaire creuse fermée en dehors, indépendante de la paroi, et largement ouverte dans l'ovaire. Ces deux poches représentent les atriums. Sur les parties latérales de ces poches une prolifération cellulaire active des parois forme des digitations qui s'invaginent dans les tissus périphériques et qui donnent naissance aux glandes chitinogènes.

En même temps que ces glandes, se montre l'ébauche des testicules qui proviennent d'un groupement de cellules mésodermiques autour des canaux déférents précédemment formés. J'ai fait connaître la constitution histologique de ces organes.

Simultanément, sous la poussée des cellules mésodermiques qui s'organisent pour se transformer plus tard en faisceaux musculaires, l'ovaire se ramifie latéralement, tandis que sa masse primitive s'est séparée par un étranglement sagittal en deux lobes symétriques qui ne restent en rapport l'un avec l'autre que par un canal transverse que j'ai appelé le canal médian.

Formation du cloaque. Achèvement des organes. — Au fur et à mesure

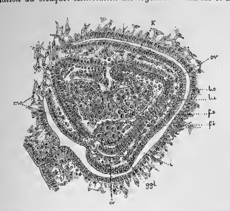


Fig. 42. — La même Sacculine interne en coupe transversale.
ggl, ganglion nerveux; *f.i*, *f.e*, feuillets viscéraux interne et externe; *l.i*, *l.e*, membranes pariétales, interne et externe; autres lettres, comme dans la figure précédente.

que la Sacculine interne avance en âge, le rapport de volume de son corps proprement dit (masse viscérale et manteau) avec la tumeur qui le contient augmente continuellement et pendant ce temps les modifications des racines et des tissus caverneux ne porte que sur leur accroissement et sur l'agrandissement des lacunes qu'ils contiennent, et la Sacculine est toujours placée parallèlement à la membrane basilaire, le pédoncule tourné vers la base de l'abdomen du Crabe. La fente de sortie faisant communiquer la cavité générale du Crabe avec la cavité périsomatique de la Sacculine est perpendiculaire à l'axe principal du Crabe, c'est-à-dire placée parallèlement aux intervalles des anneaux de l'abdomen de celui-ci.

En un point situé vers l'extrémité opposée au pédoncule, et sur le côté

tourné vers la paroi ventrale du Crabe, se forment, en regard l'une de l'autre, deux invaginations appartenant, l'une au feuillet palléal externe, l'autre au feuillet palléal interne. Ces deux invaginations finissent par se joindre, s'ouvrent l'une dans l'autre et l'orifice ainsi formé représente l'orifice cloacal. Mais la communication ainsi établie entre la cavité cloacale et la cavité périsomatique n'existe pas en fait, car l'invagination du feuillet palléal externe n'a pas entraîné en se formant la couche chitineuse qui le recouvre, et l'orifice cloacal après sa formation reste encore fermé par cette lame chitineuse. Simultanément, les éléments mésodermiques entourant l'orifice donnent naissance au sphincter cloacal et la masse viscérale et les organes qui le contiennent achèvent de se constituer; quant à la vulve, elle n'existe pas encore et ne s'ouvrira que quand la Sacculine sera devenue externe.

Comment la Sacculine interne devient externe.

La Sacculine interne arrivée à la fin du stade précédent ne diffère de la Sacculine externe que parce qu'elle est contenue dans la cavité périsomatique. Tandis que les parois de cette cavité cessent de s'accroître, la Sacculine interne continue à grandir et, envahissant la cavité périsomatique, écarte les lèvres de la fente de sortie et fait saillie en dehors de cette cavité. Pendant que cet accroissement se continue les parois de la cavité périsomatique, se résorbant, finissent par disparaître et la Sacculine interne pend librement dans la cavité générale du Crabe, suspendue par son pédoncule à la membrane basilaire.

Pendant l'accomplissement des stades successifs que nous venons de parcourir, la tumeur centrale se développant est venue se mettre en contact avec la paroi centrale de l'abdomen du Crabe devant lequel elle s'est formée, elle comprime les tissus contre la carapace du Crabe et ceux-ci dégénèrent. La carapace, privée en ce point de ses éléments nourriciers, se ramollit peu à peu et toute la partie comprimée cédant enfin à la pression du parasite, ouvre à celui-ci la dernière porte de sa prison.

Cet orifice se perce le plus souvent dans la partie sternale d'un anneau et rarement dans la membrane intersegmentaire, et aussitôt qu'il est formé la Sacculine interne fait irruption au dehors et forme alors ce que nous avons appelé la Sacculine externe. Celle-ci est représentée non seulement par le manteau et son contenu mais encore par le pédicule et la partie ren-

flée de la membrane basilaire auquel il est attaché. Une fois libérée, la Sacculine s'accroît rapidement et sur la circonférence d'insertion du pédicule sa cuticule s'épaissit en un bourrelet qui refoule devant lui les bords de l'orifice creusé dans la cuticule du Crabe et s'encaisse dans son épaisseur (fig. 43).

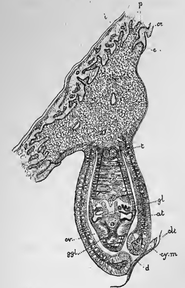


Fig. 43. — Jeune Sacculine au moment où elle va devenir externe, en coupe sagittale. Mêmes lettres que dans les figures précédentes, et, en outre, *e*, rainure de la carapace du Crabe, dans laquelle s'insère la chitine du pédicule; *d*, membrane formant le cloaque; *cy. m*, Cypris mâle.

Males larvaires.

Au moment où la jeune Sacculine devient externe, son cloaque est encore obturé par la cuticule externe du manteau qui présente même au niveau de l'orifice une épaisseur particulière qui forme une sorte de disque obturateur. Au bout de quelque temps on trouve attaché au pourtour du

disque cloacal une fine membrane cuticulaire en forme de collerette flottante, déchiquetée sur les bords, tandis que le disque obturateur paraît se continuer toujours avec la cuticule du manteau. La cuticule du manteau et la collerette forment donc deux membranes superposées venant s'insérer très près l'une de l'autre sur le pourtour du disque, laissant entre elles un léger écartement, et dans cet espace on trouve une ou plusieurs Cypris dont le corps est libre sous la collerette, tandis que les antennes sont profondément engagées dans les téguments au pourtour immédiat du disque (fig. 44).

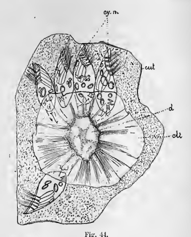


Fig. 44.
d, bouchon obturateur; *clt*, membrane déchiquetée; *cut*, chitine palléale; *cy. m*, Cypris mâle.

Les spermatozoïdes n'ayant pas été observés dans ces Cypris fixées au cloaque, on ne peut rien affirmer sur la nature de celles-ci, mais il n'est pas douteux qu'on constatera la présence des spermatozoïdes le jour où on pourra observer ces Cypris au moment même où elles viennent de se fixer autour du cloaque, car les testicules internes chez la jeune Sacculine sont obturés par un bouchon chitineux plus épais encore que chez l'adulte et je n'ai jamais observé avant la première ponte, de muo mettant cet orifice en liberté.

Biologie de la Sacculine.

Dans ce chapitre j'envisage plus spécialement les rapports de la Sacculine avec le monde extérieur : c'est en quelque sorte la Physiologie de l'espèce, opposée à la physiologie de l'individu qui a été traitée dans un chapitre précédent. Après avoir donné des indications détaillées sur les divers Podophthalmes qui servent d'hôtes à la Sacculine, j'étudie la situation du parasite sur son hôte, je signale des cas où plusieurs individus peuvent être fixés sur un même hôte, et, au sujet de l'influence exercée par la Sacculine sur le Crabe, j'indique que sa présence supprime les mues de l'hôte. J'établis ensuite son extension géographique, les conditions biologiques qui semblent les mieux appropriées à sa multiplication et les rapports qui existent, au point de vue du nombre de Sacculines que l'on rencontre et au point de vue de son développement avec le temps et les saisons, et je montre que la Sacculine devient externe à l'âge de vingt à vingt-deux mois sur des Crabes âgés eux-mêmes de vingt-quatre à vingt-huit mois, et qui vieillissent ensuite sans grandir jusqu'à la mort de leur parasite pour reprendre ensuite la vitalité normale. Je discute ensuite le problème concernant la sexualité des pontes et leur relation avec l'âge et les époques biologiques de la Sacculine, je signale les parasites et les maladies de la Sacculine, et j'indique dans quelle limite la Sacculine pourrait servir à la destruction des Crabes qui ravagent les huîtrières.

Conclusion.

Enfin, dans le dernier chapitre, je résume sous le titre de Considérations générales et Conclusions, les résultats acquis par l'étude de ce parasite et dont voici l'ensemble :

1. La Sacculine adulte représente seulement une tête de Crustacé privée de ses appendices.

2. Après l'inoculation des parasites, le développement doit recommencer au moyen d'éléments cellulaires à peine plus différenciés que ne sont ceux qui constituent le blastoderme de l'œuf immédiatement après la segmentation.

3. La paroi cellulaire de la membrane basilaire représente seule l'ectoderme primitif.

4. La paroi du corps extérieur de la Sacculine est d'origine indirectement ectodermique; elle provient d'une lame cellulaire dérivée de l'ecto-

derme primitif par invagination ou bourgeonnement. Ce sera si l'on veut deutéroderme. La paroi du pédicule représente la lame superficielle; la paroi externe du manteau, la lame profonde de cette invagination.

La cavité périsomatique, formation larvaire transitoire, est une portion de l'espace environnant, enclose dans le corps par le processus d'invagination et qui retourne à l'espace ambiant lorsque la Sacculine devint externe.

6. Les racines sont d'origine indirectement ectodermique; ce sont des prolongements de l'ectoderme primitif, nés par bourgeonnement et représentant une extension de cette membrane.

7. Le prétendu manteau n'est nullement un repli extérieur des téguments et le nom qui lui a été appliqué ne doit lui être conservé que sous la réserve expresse qu'il n'implique aucune assimilation avec l'organe homonyme des Cirripèdes et des Mollusques.

8. La couche interne de fibres nucléées epithélio-conjonctives du manteau est d'origine indirectement ectodermique, elle provient de la couche externe par délamination. Elle dérive de l'ectoderme au troisième degré et peut recevoir le nom de tritoderme.

La couche musculaire du manteau est d'origine mésodermique. Elle provient d'éléments cellulaires mésodermiques situés au-dessus du pédoncule du corps et qui ont émigré dans le manteau.

10. La couche de fibres nucléées épithélio-conjonctives formant la paroi de la masse viscérale est d'origine indirectement ectodermique. Elle provient par délamination de la couche interne du manteau. Elle dérive donc de l'ectoderme primitif au quatrième degré et mérite le nom de tétartoderme.

11. La cavité incubatrice est l'espace créé par la délamination du tritoderme, pour donner naissance au tétartoderme.

12. Le mésentère est une lame réservée entre le tritoderme et le tétartoderme, sur une ligne où la délamination n'a pas lieu.

13. Les éléments musculaires de la masse viscérale et ceux de la paroi sont d'origine mésodermique. Ils se forment comme ceux de la couche musculaire du manteau et dans le même lieu, et se rendent comme eux à leur situation définitive par une migration active.

14. Les éléments musculaires ou conjonctifs de l'adulte n'ont aucune relation d'origine avec ceux qui existaient chez la larve. Ils sont tous de nouvelle formation et proviennent de cellules mésodermiques non différenciées qui existaient peut-être sous cette forme chez la larve.

15. Les canaux déférents sont d'origine indirectement ectodermique. Ils

proviennent d'une invagination des parois de la cavité incubatrice au sommet de cette cavité dans l'angle où le feuillet palléal interne se continue avec le feuillet périviscéral.

16. La partie sécrétante des testicules est d'origine mésodermique et provient d'une transformation spéciale et du groupement autour des canaux déférents de cellules mésodermiques, sœurs de celles qui forment les parties musculaires de la masse viscérale.

17. Les atriums sont d'origine indirectement ectodermique. Ils proviennent d'une invagination du tétartoderme dans la région moyenne de la masse viscérale. Les culs-de-sac sécréteurs des glandes chitinogènes sont aussi d'origine indirectement ectodermique. Ils naissent par bourgeonnement des parois de l'atrium.

18. L'ovaire est probablement d'origine mésodermique. Son apparition est extrêmement précoce. Il existe déjà chez le Nauplius à sa naissance. Il n'éprouve dans tout le cours du développement aucune modification fondamentale et ne subit d'autres changements que des perfectionnements dans sa forme et dans sa structure.

19. Le système nerveux est réduit à un ganglion unique et simple. Il n'a aucune relation d'origine avec celui de la larve. Il se reforme de toutes pièces chez la Sacculine interne aux dépens d'une nouvelle invagination ectodermique. Cette invagination se fait aux dépens de la lame profonde du deutéroderme (feuillet pariétal externe); ce qui rattache cet organe important presque directement à l'ectoderme primitif.

20. Il n'y a aucune raison d'orienter la Sacculine d'une manière plutôt que d'une autre en se fondant sur les rapports de l'adulte avec la larve.

21. L'invagination ectodermique qui donne naissance au système nerveux étant ventrale chez tous les Annelés, on est fondé à considérer comme ventral chez la Sacculine le point où se fait l'invagination nerveuse, c'est-à-dire le voisinage du bord mésentérique.

22. Le fait que la Sacculine entière représente seulement une tête de Crustacé explique pourquoi il n'existe qu'un seul ganglion nerveux.

23. Le dos de la Sacculine regarde le côté gauche du Crabe, son ventre le côté droit. L'extrémité pédonculaire est supérieure. La face gauche est en rapport avec le sternum du Crabe, sa face droite avec l'abdomen.

24. Primitivement, le plan sagittal de la Sacculine coïncide avec celui du Crabe ou lui est parallèle. La situation du parasite en travers sur le Crabe est due à un inconvénient de rotation effectué au début de la vie endoparasitaire. Ce mouvement de rotation paraît provenir de ce que le côté droit

reçoit plus de nourriture que le gauche et s'accroît plus rapidement que lui.

25. La séparation des sexes chez la Sacculine et probablement chez tous les Crustacés hermaphrodites est l'état primitif dans le développement ontogénétique et phylogénétique. Les mâles pygmées ou larvaires méritent le nom de mâles primordiaux. Les glandes mâles de l'animal hermaphrodites sont, au contraire, d'apparition tardive et méritent le nom de testicules complémentaires.

26. La Sacculine est endoparasite par essence et ectoparasite partiellement et accessoirement par des raisons mécaniques et pour les nécessités de la reproduction.

27. Les différences qui existent dans l'organisation et le développement, entre les Kentrogonides et les Cirripèdes dont ils descendent, ont pour cause première la nécessité où s'est trouvé le parasite de se réfugier à l'intérieur de l'hôte pour éviter d'être éliminé au moment des mues. D'autre part, le parasite, ne pouvant pénétrer dans le corps du Crabe que par le canal d'un dard dont les dimensions restreintes sont réglées par celles du point qu'il peut perforer, doit se réduire autant que possible pour effectuer ce passage. Cela explique pourquoi il se débarrasse de tous les organes qui ne lui sont pas actuellement indispensables et pourquoi il doit, dans un second développement, reformer à nouveau les tissus et les organes qui lui seront nécessaires à l'âge adulte.

Sur le système nerveux et sur quelques autres points de l'organisation du Peltogaster.

Les Cirripèdes suceurs auxquels j'ai donné le nom de *Kentrogonides* étaient considérés comme dépourvus de système nerveux. Ayant déjà montré que ce système existait chez la Sacculine, j'entrepris dans le présent travail de prouver qu'il existait aussi chez le Peltogaster et, chemin faisant, j'ai été conduit à élucider certains points de l'organisation générale de cet animal.

Le Peltogaster a la forme d'un petit cylindre arqué renflé à une extrémité qui porte l'ouverture claocale et fixé à son hôte par un court pédicule qui part du milieu du bord concave (fig. 45). Ce pédicule s'attache à l'abdomen du Pagure sur le flanc gauche vers le milieu de la portion rectiligne qui précède le tortillon. Sa constitution générale présente une ressemblance très marquée avec celle de la Sacculine. Il offre cependant quelques différences :

le mésentère est très large ainsi quo le canal qu'il eontient; les testicules sont deux tubes allongés couchés parallèlement au plan sagittal et s'ouvrant de chaque côté par un orifice très visiblo au sommet d'une papille.

Les glandes chitinogènes existent.

Le ganglion formant à lui seul le système nerveux eentral est situé dans le mésentère.

J'indique les procédés histologiques qu'il est bon d'employer pour faire



Fig. 45. — Le Peltogaster *p* en place sur le Pagure extrait de sa coquille.

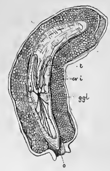


Fig. 46. — Peltogaster disséqué de manière à montrer les testicules *t* et le ganglion nerveux *ggl*, avec les nerfs qui en partent.
cv. i, cavité incubatrice; *o*, orifice cloacal.

l'étude des organes et j'expose ensuite les résultats de l'étude que j'en ai faite.

Je montre la eonformation du ganglion et j'étudie les nerfs qui en partent (fig. 46). Ils forment deux groupes : un groupe antérieur qui comprend les nerfs du eloaque, les nerfs palléaux antérieurs et latéraux et les nerfs ovariques; un groupe latéral, qui comprend les nerfs pariéto-viscéraux, qui fournissent le nerf de la glande chitinogène, et enfin un groupe postérieur formé par le nerf palléo-viscéral et les branches qui en partent vers l'ovaire, le mésentère et les testicules.

Le ganglion est arrondi, mais enveloppé de tissu conjonetif qui lui donne l'aspect d'un ganglion étoilé. Il est formé de fibrilles au centre, de petites eel-

lules fusiformes à la périphérie et de grosses cellules multipolaires situées entre les deux couches précédentes.

Le manteau et la cavité incubatrice rappellent ceux de la Sacculine et on trouve aussi des rétinacles dans la cavité palléale, mais ici ils sont inermes et rhopaliformes.

La masse viscérale présente des muscles pariétaux et des muscles transversaux qui passent entre les ramifications de l'ovaire.

L'ovaire est formé de deux lobes symétriques. Les testicules présentent une partie sécrétante et un canal déférent très contourné qui, comme chez la Sacculine, est rempli par un enduit chitineux obturateur.

Les glandes cémentaires sont réduites à l'atrium terminant l'oviducte. C'est le revêtement chitineux de cet atrium qui doit former le sac contenant les œufs dans la cavité incubatrice.

Il existe une membrane endothéliale tapissant les lacunes.

Les follicules lagéniformes ne semblent pas exister sur les racines.

La mue de la cavité incubatrice sort par l'orifice cloacal sans se retourner et entraîne avec elle le tube chitineux des canaux déférents. Je montre ensuite les rapports qui existent entre le système nerveux du Peltogaster et celui de la Sacculine et je termine par quelques considérations sur l'orientation des Kentrogonides.

IV

TRAVAUX SUR LES TUNICIERS

Études sur les Ascidies des Côtes de France. — Faune des Cynthiadées de Roscoff et des Côtes de Bretagne

(En collaboration avec le profr H. de Lacaze-Duthiers).

La « livrée » des Ascidies, suivant le mot de M. de Lacaze-Duthiers, est d'aspect variable, et l'organisation interne seule permet de différencier une *Cynthia* d'un *Polycarpe* ou d'une *Styela*. Cependant l'armature des siphons, la forme et la disposition des organes génitaux, la situation des orifices mâles et femelles, peut fournir des éléments de classification.

Moyens d'étude. — Pour empêcher les contractions des animaux, nous avons utilisé le chloral en solution dans l'eau de mer.

1. Généralités.

L'aspect extérieur et le *mode de la fixation* sont variables.

La *disposition des siphons* l'est aussi. Le syphon inspirateur occupe normalement l'extrémité inférieure du grand axe, mais il peut se déplacer sur le bord dorsal (ex. *Polycarpa coronata,* Aldr.). Le siphon cloacal est très variable dans sa position. Les orifices ont une forme carrée.

La *tunique* ou enveloppe extérieure porte souvent des poils très développés, ou agrège des petites particules solides. A sa surface, sont des stries ou des tubercules, qui ne peuvent être de grande utilité pour la classification, car ils varient avec les individus. Plus variable encore est la couleur. *Cynthia morus,* par exemple, montre toutes les nuances du rouge au gris mastic, en passant par tous les jaunes. Les taches pigmentaires des siphons sont absolument variables.

Les *spinules*, ou épines cuticulaires des siphons, ont au contraire un caractère constant. Ils ont pour chaque espèce une forme caractéristique, au moins dans les genres *Cynthia*, *Microcosmus*, *Stycla*, car elles manquent chez *Styelopsis* et *Polycarpa*.

Ils semblent être des organes de défense. Mais leur origine est plus problématique. Ils naissent d'une couche cellulaire régulière qui est à la surface libre de la production cuticulaire : mais il faudrait admettre alors que la tunique n'est pas une sécrétion superficielle de l'ectoderme, mais une sorte de délamination extra-ectodermique.

La paroi du corps ou tunique interne est musculo-membraneuse.

Les tentacules, disposés en couronne circulaire à l'orifice interne du siphon branchial, à une petite distance au-dessous de la gouttière coronale, ont une grande importance taxinomique. Les Cynthinées ont des tentacules ramifiés ; les *Styélinés*, des tentacules simples.

La gouttière coronale communique presque toujours largement avec l'endostyle ; le *tubercule vibratile* (glande de muqueuse ou *organe hypophysaire*) est de forme très variable dans les individus d'une même espèce et c'est avec la plus grande prudence qu'il faut l'interroger pour lui demander des caractères taxinomiques.

Le *raphé dorsal*, ou ligne médiane dorsale de la branchie, est une lame membraneuse continue chez les *Styélinées* et chez *Microcosmus;* chez les vrais *Cynthia*, il est orné d'une série longitudinale de petites languettes subulées : C'est là un bon caractère, facile à voir.

L'*endostyle* ne présente guère de caractères spécifiques.

La *branchie* est le caractère le plus important pour la diagnose. Savigny en avait fait la base de sa classification. Le nombre des replis n'est pas un caractère constant, cependant Herdman a divisé les Cynthiadés en *Styélinécs*, qui ont un nombre de replis égal ou inférieur à 4, et *Cynthinées*, qui ont un nombre de replis supérieur à 4. Mais cela ne saurait plus être admis, car il y a des *Cynthia* qui ont 4 replis d'un côté et 3 de l'autre, et des *Polycarpa* (*P. spongiabilis* Trstdt, et *P. oblecta* Transtedt) qui ont 4 replis d'un côté, 5 de l'autre. Ce n'est donc pas là un caractère général.

Le mode de terminaison des replis du côté de l'orifice œsophagien est au contraire caractéristique.

L'appareil circulatoire ne peut faire partie d'une diagnose des Ascidies. Nous l'avons cependant étudié complètement chez *Polycarpa varians :* le cœur est bien réellement un organe indépendant et non, comme le dit M. Roule, une simple différenciation locale du sinus ventral. Il y a un *sinus*

ventral ou de l'*endostyle*, un *sinus dorsal*, et un *sinus coronal* avec des vaisseaux très développés autour du système digestif. La circulation de la branchie a été soigneusement étudiée.

La *cavité péribranchiale* renferme *le cloaque*, dont la situation fournit des caractères utiles. Dans le genre *Styelopsis* il est orné de petites languettes.

Le tube digestif dans ses formes générales a presque des caractères génériques et la disposition des anses est différente chez les Cynthinées et les Styélinées. L'œsophage ne présente rien d'important. Mais l'estomac, plus ou moins renflé, présente au moins deux caractères : il est lisse extérieurement chez les Cynthinées et strié longitudinalement chez les Styélinées. Dans les deux cas, il est strié à l'intérieur. Le *foie* manque chez les Styélinées.

La *glande pylorique,* ou *organe hyalin*, est un organe dont les fonctions sont très discutées. Nous en avons fait une étude complète chez plusieurs espèces. C'est une glande qui s'ouvre dans le pylore, se porte dans la bride pylorique, commence à se ramifier en branches nombreuses sur l'intestin et se termine par de petites ampoules où l'on trouve un épithélium cubique. C'est certainement une glande digestive, ce qui n'exclut pas une fonction excrétrice. On avait voulu en faire un rein.

Les *organes génitaux* sont importants pour la diagnose. Ils ont été étudiés dans toutes les espèces, et leur disposition est très curieuse.

Les *vésicules pariétales,* de la cavité péribranchiale, organes problématiques, ne sont pas des follicules testiculaires comme le croyaient les anciens auteurs, mais probablement des sortes de coussins élastiques destinés à soutenir la branchie. Elles ne sont pas spécifiques.

Le *système nerveux* ne peut être un caractère taxinomique pas plus que la *glande muqueuse*.

II. — Description des espèces.

Les Cynthiadées de Roscoff et des côtes Bretonnes nous ont offert 14 espèces dont 2 genres et 2 espèces nouvelles. Nous avons divisé les Cynthiadées en deux tribus :

1. *Tribu des Cynthinées* (Herdman).

Tentacules composés. Estomac indistinct. Foie toujours présent. Nombre des replis branchiaux ne descendant pas, au moins d'un côté, au-dessous

de 4 glandes génitales, 1 ou 2 de chaque côté, grandes, formées d'une partie mâle et d'une partie femelle intriquées. Les canaux génitaux mâle et femelle, distincts, mais accolés, et débouchant près du cloaque par deux orifices distincts mais très rapprochés.

L'ancien genre *Cynthia* (Savigny) nous a donné deux espèces dont une nouvelle :

C. Morus Forbes, dont la variabilité a donné lieu à de grandes discussions taxinomiques, et *C. sigilata*, n. sp.

Le genre *Microcosmus*, 1 espèce nouvelle : *M. spinosus*, n. sp., avec des spinules très développés.

Le genre *Forbesella*, 1 espèce : *F. tessellata*.

En résumé : deux espèces nouvelles ont été trouvées.

2. *Tribu des Styélinées* (Savigny).

Tentacules jamais ramifiés. Estomac avec renflement distinct, et cannelé longitudinalement. Pas de foie distinct. Replis branchiaux en nombre inférieur à quatre, d'un côté au moins. Organes génitaux jamais formés d'un petit nombre de glandes hermaphrodites dont les parties mâle et femelle soient intriquées ensemble.

G. Styela. Ce genre nous a fourni 2 espèces : *S. variabilis* (Hancock), et *S. armata*, n. sp., avec des spinules grands et acérés.

G. Styelopsis avec une espèce : *Styelopsis grosularia*.

G. *Polycarpd*, avec 5 espèces dont une nouvelle :

P. varians.

P. tuberosa.

P. rustica.

P. coronata.

P. tenera, n. sp.

Enfin nous avons trouvé dans cette tribu deux genres nouveaux :

Stolonica, g. n., qui est fixé au sol par des stolons radiciformes pouvant bourgeonner et donner lieu à de petites colonies. Les organes génitaux sont formés en partie de glandes à hermaphroditisme successif (mâles, puis hermaphrodites, puis femelles).

S. aggregata (Forbes) ressemble absolument à une Ascidie sociale.

Heterocarpa (g. n.) s'en distingue par une branchie à replis rudimentaires, un abdomen représentant le cinquième de la hauteur totale du

corps, des glandes génitales mâles et femelles distinctes formant deux groupes séparés.

H. glomerata (Alder).

Un tableau synoptique résume les caractères de ces genres et de ces espèces.

Anatomie des Cynthiadées

(En collaboration avec le profr H. de Lacaze-Duthiers).

La publication du travail précédent devant être forcément beaucoup retardée par la confection des planches, nous avons réuni ici un certain nombre de résultats anatomiques de nos recherches, en particulier ceux qui concernent la glande pylorique dont nous avons montré la structure et l'embouchure dans le tube digestif, et les glandes génitales dont nous avons fait connaître la disposition, et les orifices dans plusieurs formes où ils n'étaient pas connus. Ces glandes ont une disposition et une structure très particulières dans les deux genres nouveaux que nous avons découverts.

V

TRAVAUX SUR LES VERTÉBRÉS

Histoire du Balænoptera musculus échoué sur la plage de Langrune.

En janvier 1885, un superbe *Balænoptera musculus* mâle ayant près de 19 mètres de long vint s'échouer sur la plage de Langrune. Je pus, après de nombreuses difficultés, en faire la dissection. Voici brièvement les résultats obtenus :

Extérieur. — De nombreuses photographies annexées au mémoire rendent compte de l'aspect extérieur de l'animal. La longueur totale du corps était de 18^{m}80. Le *corps* est plus large que haut et à peu près elliptique. En arrière de l'anus commence un sillon superficiel. Les *nageoires pectorales*, en triangle très aigu mesurant 2^{m}18 au bord antérieur. La *nageoire caudale*, 4^{m}08; la *nageoire dorsale*, uniquement formée de tissu adipeux, 0^{m}38. On pourrait discerner un *ombilic*, un *anus* de 0^{m}087 de large. Le *pénis*, conique, mesurait 2^{m}54 de long sur 0^{m}93 de circonférence à la base. Entre l'anus et la base du pénis, se montraient les *mamelles rudimentaires*.

Entre la symphise de l'ombilic et les nageoires pectorales s'étend la *région plissée*. En avant, la tête plate, avec deux *cônes des évents* peu marqués; une *commissure latérale* au-dessous et en avant de l'œil.

La couleur est noire en dessus, blanche en dessous.

Peau et ses dépendances. — Dans la peau, se présente :

a. L'*épiderme*, uni, lisse, verni, soulevé par des prolongements dermiques lamelliformes. La couche cellulaire tangente au derme représente la couche *pigmentaire* de l'épiderme (*couche formatrice* dans les fanons). La couche moyenne représente la zone de Malpighi.

b. Le *derme* ou *lard*, formé d'un feutrage de faisceaux conjonctifs avec d'énormes cellules graisseuses.

c. *Muscle peaussier*, s'étendant dans toute la moitié antérieure de la face ventrale du corps (25 à 30 mètres carrés). Je pense que ce muscle sert à la déglutition comme les muscles mylo-hyoïdien et génito-hyoïdien, avec cette différence que l'évacuation de la cavité buccale se fera en deux temps : dans un premier temps, l'eau tamisée par les fanons serait expulsée; dans le second, les lèvres étant fermées, le bol alimentaire serait chassé dans le pharynx. En outre, le peaussier, dans la région postérieure, peut servir à la compression de la cavité thoracique et diminuer ainsi le volume total pour permettre à l'animal de plonger, en état d'inspiration, sans avoir besoin de mouvements natatoires très actifs. Il remplacerait en quelque sorte la vessie natatoire des Poissons.

d. *Aponévrose du peaussier du cou*, servant à l'insertion des fibres du peaussier qu'elle continue jusque dans la queue.

e. *Nageoire caudale*, que des fibres nombreuses font un instrument admirable de souplesse et de force.

Squelette et articulations. — Certaines parties ont été étudiées.

Le rachis composé de 62 vertèbres :

7 vertèbres cervicales		total : 62
14 — dorsales		
15 — lombaires		
26 — caudales		

Je n'entrerai pas dans la description de ces diverses parties.

Les côtes sont au nombre de 14 paires.

Le sternum est très reculé en arrière, en forme de T.

L'appareil hyoïdien, le membre antérieur sont décrits, ainsi que les os en chevron, l'os tympanique, etc.

Les os pelviens et le fémur. Ceux-ci ont été soigneusement étudiés parce que leurs rapports avec les parties molles n'ont jamais été bien éclaircis. Les deux os pelviens (le droit un peu plus petit que le gauche et sans fémur) sont tout à fait indépendants l'un de l'autre. Chacun d'eux montre une ressemblance étroite avec un bassin entier, très long, mais de forme assez régulière. A côté se trouve un cartilage accessoire qui lui est rattaché par deux ligaments, et qui représente sans doute un fémur réduit au trochanter. La situation de ces os pelviens est du reste inverse de celle constatée chez les vraies Baleines.

Appareil digestif. L'orifice buccal, les lèvres, la cavité buccale, la langue et le voile du palais ont été soigneusement étudiés.

Les *fanons* ont été déterminés dans leurs rapports et leur arrangement, leur forme, leur couleur, leur mode de fixation et leur structure. Il faut distinguer dans la structure des fanons 5 parties constituantes d'origine épithéliale : la *papille muqueuse*, la *substance cornée ou baleine*, la *couche formatrice* au contact *de la muqueuse*, la *substance médullaire* entre la papille et l'étui corné, enfin la *substance subéroïde* blanche, rosée, qui remplit les interstices des fanons à leur base. Il y a, du reste, plusieurs sortes de fanons : les fanons *simples*, tous piliformes, et les fanons *composés*, piliformes ou lamelliformes.

La structure histologique de ces éléments a pu être étudiée.

L'accroissement en longueur des fanons est dû à la multiplication des cellules de la couche formatrice : le fanon ne pousse pas comme le poil ou la dent; c'est la masse épidermique elle-même, à laquelle il est invariablement soudé, qui croît en entraînant avec elle le fanon. L'accroissement en épaisseur se fait à la fois aux dépens du tissu médullaire et de la substance subéroïde.

En fendant la muqueuse palatine, on trouve de nombreux petits *osselets* irrégulièrement ovoïdes et situés sur la ligne médiane du plateau des fanons : ce sont sans doute des productions du périoste gingival et non des dents embryonnaires.

Les parties moyennes du tube digestif en complète putréfaction n'ont pu être étudiées.

Appareil respiratoire. — Les évents et les cônes des évents, ainsi que leurs muscles dilatateurs, ont pu être étudiés.

Les parties profondes n'ont pu être étudiées.

Appareil circulatoire. — Les deux cœurs sont situés, le droit un peu en avant du gauche.

Organes génito-urinaires. — La vessie a l'aspect d'un canal en cul-de-sac, et mesure, vide, $1^{m}23$. La vessie ne s'ouvre pas à plein canal dans la région prostatique de l'urèthre, mais se prolonge en une sorte de tube à paroi ventrale membraneuse et flottante.

Le pénis a pu être étudié soigneusement et j'ai indiqué dans la première partie de cette notice la présence curieuse de muscles moteurs spéciaux de cet organe.

Ajoutons que des mensurations nombreuses ont été faites et résumées à la fin du mémoire.

Sur les relations zoologiques du Congre et du Leptocéphale.

On ne trouve jamais de Congres d'une taille inférieure à 10 ou 12 centimètres; d'autre part, il existe un petit poisson, le Leptocéphale, dont la taille ne dépasse jamais 10 ou 12 centimètres, qui n'offre jamais les caractères sexuels de l'adulte et qui rappelle le Congre par certains traits, mais qui s'en éloigne en ce qu'il est transparent comme du verre. L'opinion que le Leptocéphale est le jeune du Congre avait été plusieurs fois émise, mais jamais démontrée, et de nombreux zoologistes croyaient que le Leptocéphale est une forme anormale ou un être sans relations de parenté avec le Congre.

J'ai élevé un Leptocéphale dans un des bacs de Roscoff et vu se produire sous mes yeux les transformations successives qui ont fait de lui un jeune Congre, opaque, noir, et offrant tous les caractères de ce genre. Ce jeune Congre ainsi qu'un Leptocéphale mis dans l'alcool avant sa transformation ont été présentés à l'Académie.

De l'origine des Éléments figurés du sang chez les Vertébrés. Historique de la question jusqu'en 1880.

Mon but, dans ce travail, qui constitua ma thèse de docteur en médecine, fut de mettre sous les yeux du lecteur les théories nombreuses émises sur la question, aujourd'hui encore si controversée, de l'hématogénèse en indiquant les faits sur lesquels les auteurs les avaient édifiées. Je désirais aussi faire voir comment étaient nées les théories qui avaient cours à ce moment.

Il est impossible de donner en quelques lignes une idée de ce travail où, dans un premier chapitre, je passe en revue chez l'adulte les divers organes auxquels avait pu être assigné le rôle de former les globes rouges et blancs, puis, dans un second chapitre, j'étudie leur formation chez l'embryon. Mais il sera peut-être de quelque intérêt de reproduire mes conclusions dans lesquelles je m'efforçais de préciser l'état de la question à cette époque.

Il est incontestable, écrivais-je, que les premiers globules qui se forment chez l'embryon sont différents de ceux qui circuleront dans les vaisseaux du même animal lorsqu'il sera arrivé à l'âge adulte. Ces premiers globules, d'abord incolores, proviendraient, d'après les anciens auteurs, des cellules

vitellines ou des cellules du feuillet moyen du blastoderme, qui subiraient dans le sang lui-même leurs diverses transformations. D'après les travaux récents, ils reconnaîtraient pour origine les noyaux des cellules vaso-formatives de l'aire vasculaire et des divers organes de l'embryon. Devenus rouges par absorption d'hémoglobine, ces mêmes globules se multiplient par scission jusqu'à ce que le foie, détournant de plus en plus vers lui le sang veineux chargé des matériaux nécessaires à la nutrition du jeune être, arrive à localiser dans son tissu la formation des nouveaux globules. Mais cette localisation n'est pas de longue durée, car bientôt apparaissent, chez l'embryon même, les formes globulaires spéciales au groupe auquel il appartient. Le mode de production de ces globules types est, malheureusement, encore environné de la plus grande obscurité et l'on ne saurait dire si les éléments nouveaux proviennent des anciens, ou s'ils trouvent dans quelque parenchyme, comme celui de la rate, un atelier spécial de production.

Ces globules typiques, bien que ne devant plus varier de forme jusqu'à la mort de l'animal, n'en sont pas moins des éléments très caducs et doués d'une vie très courte. D'où proviennent ceux qui doivent les remplacer ? La question de l'hématogénèse est encore plus obscure chez l'adulte que chez l'embryon, et les faits nombreux et certains, découverts par les physiologistes, n'ont pu être encore réunis dans une théorie générale, qui réponde à toutes les objections.

S'il est démontré que les globules rouges proviennent des hématoblastes, on ignore encore, surtout pour les mammifères, quelle est l'origine de ces derniers éléments. Toutes les théories sont incomplètes par quelque côté. Celle même de MM. Malassez et Picard, qui semble la plus positive, puisqu'elle met sous les yeux mêmes du physiologiste la formation des globules rouges dans la rate, laisse encore un desideratum considérable, en ce qu'elle ne donne aucun renseignement sur le *comment* de cette production.

Et les reproches qu'on peut faire aux autres théories ne sont-ils pas plus graves encore?

Si nous admettons pour les Vertébrés, comme cela paraît résulter, pour les Ovipares, des travaux de M. Vulpian, que les hématoblastes proviennent des globules blancs, il restera encore à préciser l'origine de ceux-ci. Nous ne voudrions pas laisser une trop large part à l'appréciation personnelle dans un travail de cette nature, mais nous croyons pouvoir avancer qu'aucune théorie n'a suffisamment expliqué tant de faits en apparence contradictoires. Citons au hasard : la présence de leucocytes dans les lymphatiques avant leur arrivée aux ganglions, avec leur prédominance dans la lymphe

après son passage dans ces organes; l'influence bien démontrée des glandes lymphatiques sur le nombre des leucocytes chez les Mammifères, avec l'absence de ces mêmes glandes chez la plupart des ovipares; l'action si probable de la rate sur les globules incolores, avec l'innocuité relative de son extirpation; et enfin, l'analogie de structure des ganglions lymphatiques et des glandes vasculaires sanguines, avec l'ignorance presque complète où nous sommes du rôle de ces dernières par rapport aux éléments figurés du sang.

VI

TRAVAUX SUR LA FÉCONDATION

Études sur la Mérogonie.

J'ai fait ressortir dans la première partie de cette notice les caractères généraux de ce travail et ne dois donner ici que des détails complémentaires.

Le mémoire est divisé en 12 chapitres.

1. *La mérogonie et ses degrés divers.* — Je montre là que la fécondation des fragments d'œufs anucléés devient par suite de ce travail, non plus une curiosité biologique comme au moment de ma note de l'année précédente, mais un processus qui s'étend, se généralise et mérite de recevoir un nom. Je propose celui de mérogonie (μέρος partie, γονή génération) et je montre qu'il y a lieu de distinguer des fécondations *hémigoniques*, *tritogoniques*, *tétartogoniques* etc. etc. selon la grosseur du fragment fécondé par rapport à l'ensemble.

2. *Extension de la mérogonie.* — J'ai étendu la mérogonie à trois embranchements très distincts du Règne animal, les Échinodermes, les Mollusques et les Vers.

Échinodermes. — J'ai réussi la mérogonie chez un *Echinus* et chez un *Strongylocentrotus* et ai obtenu jusqu'à 13 segmentations sur 7 œufs coupés en 2.

Mollusques. — C'est le Dentale, *Dentalium*, qui m'a fourni le meilleur sujet d'études. J'ai obtenu jusqu'à 17 segmentations sur 18 œufs coupés, les témoins n'en ayant donné que 9 dans l'expérience comparative.

Vers. — L'opération, extrêmement difficile ici, a réussi chez l'Annélide *Lanice* et j'ai obtenu 19 segmentations sur 29 œufs coupés, tandis que les témoins ne m'en avaient donné que 8.

La conclusion de ce chapitre est que :

La fécondation mérogonique est démontrée chez les Échinodermes, les Mollusques et les Vers.

3. *Évolution mérogonique.* — J'étudie ici deux questions :

a) Comment se fait la segmentation mérogonique par rapport à la segmentation des œufs intacts.

Je fais cette comparaison chez les groupes étudiés, je constate diverses anomalies dans les œufs mérogonisés, en particulier un retard dans la division cytoplasmique et des divisions multiples d'emblée, mais tout cela se corrige et j'arrive à cette conclusion : *la section de l'œuf apporte souvent dans l'évolution mérogonique un trouble qui se manifeste par des anomalies plus ou moins accentuées dans la segmentation ; mais, à mesure que le développement progresse, intervient une autorégulation évolutive sous l'influence de laquelle les différences deviennent nulles ou insignifiantes.*

b) Jusqu'à quel stade du développement peut se poursuivre l'évolution mérogonique.

C'est ici un des points les plus remarquables, par lequel mes expériences actuelles sont en progrès sur mes tentatives de l'année précédente (Comptes rendus, 1898). — J'arrive ici, pour les trois groupes étudiés, jusqu'à la larve typique ainsi que le montrent les figures reproduites à la page 28 à 31 (p. 62 à 65) : le *Pluteus* pour l'oursin, le *Veliger* pour le Dentale, la *Trochophore* pour l'Annélide. Toutes ces larves ont été obtenues non pas une fois mais dans un grand nombre d'expériences ; et je conclus : *les embryons hémigoniques peuvent être élevés jusqu'à la phase larvaire typique de leur espèce* (*Pluteus, Veliger, Trochophre*). *Les larves ne franchissent point ce stade, dans les conditions défavorables où on est obligé de les placer pour les maintenir en observation ; mais il en est de même pour les larves normales élevées dans des conditions semblables, et rien n'autorise à dire qu'il manque aux larves mérogoniques quelque chose d'essentiel pour parcourir toutes les phases du développement jusqu'à l'animal parfait.*

4. *Limites de la mérogonie.* — J'ai essayé d'une part de couper un même œuf en plus de deux morceaux, d'autre part de couper sur un œuf un fragment anucléé aussi petit que possible. Chez le Dentale, j'ai pu féconder deux quarts d'un même œuf coupé en 4. Chez l'Annélide, j'ai fécondé (et fait segmenter) un fragment représentant 1/8 de l'œuf total. Chez l'Oursin, enfin, j'ai obtenu le développement de trois morceaux d'un même œuf coupé en 3, et le développement, jusqu'au stade de blastula ciliée nageant vigoureusement, d'un fragment anucléé représentant 1/37 de l'œuf total. J'ai fixé cette larve et indiqué les dimensions de ses cellules et de leurs noyaux. Je conclus :

l'expérience montre qu'on peut obtenir d'un même œuf d'Oursin trois larves tritogoniques et qu'un fragment d'œuf égal à 1/37 du volume total peut se développer en larve de constitution normale. Il est permis d'en conclure qu'un œuf d'Oursin idéalement sectionné pourrait donner une quarantaine de fragments fécondables et aptes à se développer en autant de larves de constitution normale. La limite extrême de la mérogonie est sans doute plus basse encore, mais une limite existe certainement.

5. *Objections à la mérogonie.* — Je vais ici au-devant de diverses objections et je montre que : 1° il n'y avait pas eu fécondation avant la section, car les œufs témoins élevés dans la même eau ne se segmentent jamais; 2° que la segmentation est due à la fécondation et non à une excitation opératoire, car elle se produit immédiatement après l'addition du sperme même lorsque celle-ci est différée de plus de 24 heures; 3° enfin que le fragment anucléé ne contient pas trace de noyau, comme on peut s'en assurer *de visu* par l'examen par transparence chez l'Oursin. Je conclus : *la fécondation mérogonique est vraiment la fécondation d'un fragment de cytoplasme ovulaire dépourvu de noyau.*

6. *Obstacles à la mérogonie.* — Je citerai seulement la conclusion du chapitre : *La mérogonie n'est pratiquement applicable qu'aux œufs pondus isolément avant la fécondation. Elle peut réussir chez certains œufs pourvus d'une coque; mais le plus souvent elle échoue dans ce cas. Les œufs qui conviennent le mieux à son application sont ceux qui sont nus ou entourés d'une faible enveloppe glaireuse, pas trop friable, de consistance ferme et d'un diamètre pas trop petit (au moins 1/10 de millimètre). La section de l'œuf, quand elle peut être bien exécutée, ne contrarie pas par elle-même la fécondation, mais elle peut, quand elle est faite de certaine façon, introduire des conditions accessoires s'opposant à la fécondation.*

7. *Utilité du noyau femelle dans la fécondation et le développement.* — On a vu par les nombres comparatifs donnés plus haut que la proportion de réussites est fréquemment plus grande pour les œufs mérogonisés que pour les œufs témoins. J'ai donc avancé, avec quelque timidité, la conclusion paradoxale ci-dessous. On verra dans le mémoire suivant que certaines considérations lui enlèvent son caractère paradoxal et la rendent au contraire très naturelle. Voici cette conclusion : *L'absence de pronucleus femelle ne constitue pour le fragment d'œuf qui en est privé, aucune infériorité par rapport aux œufs intacts. Peut-être même la privation de noyau favorise-t-elle la fécondation. Le pronucleus femelle est peut-être utile pour procurer à l'embryon les avantages de l'amphimixie, mais il ne constitue pas un organe utile*

à la fécondation ni nécessaire au développement des parties de l'organisme.

8. *Hybridation mérogonique.* — Je l'ai réussie entre *Echinus* et *Strongylocentrotus.* Mais, contrairement à ce que l'on pourrait supposer, le fragment anucléé est aussi rebelle que l'œuf entier aux hybridations par une forme trop différente. D'où la conclusion : *l'hybridation mérogonique est possible; mais les fragments anucléés se défendent aussi bien que les œufs normaux contre une hybridation trop aberrante.*

9. *La maturation cytoplasmique de l'œuf.* — Dans les phénomènes si importants de la maturation de l'œuf, on ne parle jamais que des phénomènes nucléaires et l'on admet implicitement que le cytoplasme ne joue aucun rôle dans le phénomène. S'il en était ainsi, un fragment de cytoplasme d'œuf prêt à subir la maturation nucléaire, devrait être fécondable. Il ne l'est pas. D'où je tire cette conclusion importante et inattendue : *il existe une maturation qualitative du cytoplasma ovulaire, corrélative peut-être de celle du noyau, mais distincte de celle-ci.*

10. *Les chromosomes dans la mérogonie.* — J'ai indiqué dans la partie générale de cette notice l'importance de cette question. Je n'y reviendrai pas et dirai seulement que la préparation de chromosomes dans les expériences actuelles est extrêmement difficile; que j'ai réussi cependant à les mettre en évidence et que j'ai pu montrer à mon entourage des préparations très démonstratives. Je conclus : *Si le nombre des chromosomes est constant chez les animaux, ce n'est pas, comme on le croit, parce que ces organites ont une personnalité qui les rend individuellement permanents, c'est parce que ce nombre est une propriété spécifique de la cellule, une constante cellulaire.*

11. *Appendice.* — J'indique ici un certain nombre de faits constatés au cours de ces expériences et sans lien direct avec elles : 1° un phénomène que l'on serait tenté d'interpréter comme appartenant au cytotropisme et qui n'en est pas; 2° une expérience de séparation de blastomères de l'œuf normal segmenté; 3° un cas de mérogonie incomplète; 4° un exemple de différenciation précoce des blastomères allant à l'encontre de la théorie de Hertwig.

12. *Conclusions.* — Je ne répéterai pas ici les conclusions résumées à la fin du mémoire et n'en rappellerai qu'une seule indiquée dans la note de l'année précédente et non reproduite dans le mémoire actuel. C'est que les spermatozoïdes se groupent en aussi grand nombre autour des fragments anucléés qu'autour des œufs intacts, ce qui prouve que : *l'attraction sexuelle n'a pas son siège dans le noyau.*

Sur l'interprétation de la fécondation mérogonique et sur une théorie nouvelle de la fécondation normale.

Le mémoire précédent a été critiqué dès son apparition par deux naturalistes français.

Ils me reprochent d'abord de n'avoir fait qu'étendre des faits déjà connus par suite des travaux de Hertwig et de Boveri. Or Hertwig a vu pénétrer le spermatozoïde dans les fragments anucléés d'œufs d'Oursin, mais n'a pu obtenir un développement consécutif, en sorte qu'on ne pouvait affirmer qu'il y avait eu fécondation efficace. Boveri avait obtenu des larves de fragments les uns nucléés, les autres anucléés, mêlés ensemble et obtenus par un procédé brutal et aveugle, qui consiste à secouer violemment des œufs dans un tube à demi plein d'eau jusqu'à ce qu'il s'en détache des morceaux. Mais il n'avait jamais constaté *de visu* que les fragments anucléés eussent fourni des larves. Il concluait cela de l'interprétation de certains caractères des larves, interprétation si contestable que Seeliger en avait aisément montré l'insuffisance et avait conclu, ralliant à son opinion la plupart des naturalistes, que la fécondation de fragments anucléés n'était pas réelle. On trouvera dans le mémoire la discussion détaillée de ce point et celle des travaux similaires de Morgan et de Ziegler.

En ce qui concerne l'interprétation de mes expériences, j'ai montré dans la partie générale de cette notice (voy. p. 63) ce qu'il fallait penser de l'interprétation proposée par l'un de mes contradicteurs.

En ce qui concerne celle proposée par le second, je demande à citer les deux ou trois pages que je consacre à sa réfutation.

« Tout autre est l'interprétation de mon second contradicteur. Pour lui, la fécondation mérogonique n'est pas une vraie fécondation[1], c'est une *parthénogénèse mâle*.

« Passons sur l'impropriété de l'expression et discutons l'idée qu'elle renferme. Dans la parthénogénèse vraie, la parthénogénèse femelle, un œuf se développe sans rien emprunter au sexe opposé. Ici, avons-nous un spermatozoïde se développant sans rien emprunter au sexe femelle? Nullement, puisqu'il s'immerge dans une masse de cytoplasme ovulaire quelque 500 000 fois plus volumineuse que lui.

[1] A l'instant même, je reçois de Marcus Hartog, dont la compétence en ces matières est bien connue, une lettre datée du 3 décembre 1899, où il dit, en parlant des fécondations mérogoniques : « Pour ma part, je les considère comme de véritables fécondations, bien qu'essentiellement différentes des fécondations ordinaires. »

« Mon contradicteur ne conteste pas le fait. Il lui incombe donc de démontrer que la présence de cette masse énorme de cytoplasme ovulaire autour du spermatozoïde n'empêche pas que le développement de l'ensemble soit parthénogénétique mâle. Or, il ne démontre rien de cela. Il semble, cependant, que la différence entre la vraie parthénogénèse femelle, où l'ovule n'emprunte rien au sexe mâle, et sa prétendue parthénogénèse mâle mérogonique, où le spermatozoïde emprunte au sexe femelle une masse de cytoplasme un demi-million de fois plus volumineuse que lui, que cette différence, dis-je, ne soit pas, *a priori*, insignifiante et qu'il faille autre chose qu'une affirmation pure et simple pour démontrer qu'elle est négligeable.

« Ce que mon contradicteur n'a point fait, cherchons à le faire pour lui.

« Pour que le cytoplasme ovulaire ne jouât aucun rôle essentiel dans l'évolution mérogonique, il faudrait, ou que le cytoplasme, même lorsqu'il conserve sa structure typique et ses fonctions, ne fût qu'une substance accessoire, sans importance et sans initiative dans l'évolution qui serait dirigée par le noyau seul, ou que, dans le cas particulier de la mérogonie, le cytoplasme ovulaire perdît toute action sur le développement, par le fait qu'il déchoirait au rôle de substance nutritive et céderait la place au cytoplasme spermatique, qui persisterait seul dans la larve, à titre d'élément structuré. Examinons successivement la valeur de ces deux hypothèses.

« La première repose uniquement sur la vieille notion, aujourd'hui battue en brèche, du *rôle directeur du noyau*. Cette notion est principalement fondée sur une interprétation abusive des remarquables expériences de Balbiani sur la mérotomie des Infusoires. Quand on sectionne un Stentor, un fragment contenant le noyau ou une partie du noyau peut régénérer ce qui lui manque et continuer à accomplir toutes les fonctions de la vie; au contraire, tout fragment sans noyau peut vivre quelque temps, mais est incapable de s'accroître, de régénérer ce qui lui manque et de se reproduire; d'où la conclusion que c'est le noyau qui gouverne les fonctions vitales. Le vice du raisonnement saute aux yeux. Il est vrai que le cytoplasme seul ne peut accomplir toutes les fonctions vitales, mais où a-t-on vu qu'un noyau seul pût en accomplir même une seule? Le noyau privé de cytoplasme est encore bien plus incapable de vivre que le cytoplasme sans noyau, et il serait tout aussi légitime de dire : un noyau sans cytoplasme ne peut accomplir aucune des fonctions vitales; un noyau avec cytoplasme peut les accomplir toutes; donc, c'est le cytoplasme qui dirige ces fonctions. — En réalité, rien de tout cela n'est vrai : la cellule n'est pas plus un cytoplasme régi par un noyau qu'un noyau régi par un cytoplasme, c'est un organisme doué de propriétés résultant d'un consensus et des actions synergiques du cytoplasme et du noyau, aussi nécessaires l'un que l'autre à la manifestation complète des énergies vitales de l'ensemble. Donc il n'est pas permis de considérer comme ne devant rien au sexe femelle, un développement dans lequel intervient du cytoplasme ovulaire.

« La seconde hypothèse, consistant à dire que le cytoplasme ovulaire serait absorbé par le cytoplasme spermatique, qui se substituerait à lui pour former le cytoplasme des cellules de l'embryon, ne repose sur aucun fondement.

« Quand on avance une assertion aussi fortement paradoxale que celle qu'exprime cette hypothèse, il faut au moins l'appuyer de quelques preuves. Mon contradic-

teur n'en donne pas. Cherchons donc nous-même sur quoi on pourrait l'étayer.

« La différence essentielle entre le cytoplasme ovulaire agissant comme organe femelle spécifique et ce même cytoplasme utilisé à titre de simple substance alimentaire, ne saurait être que celle-ci : dans le premier cas, sa structure physique, histologique, intervient; dans le second, il n'est tenu compte que de la nature chimique de sa substance. Dès lors, si l'on détruit la structure physique en laissant intacte la substance chimique, celle-ci doit suffire au spermatozoïde pour se développer. Je propose donc à mon contradicteur l'expérience suivante : qu'il crève des œufs d'Oursin et les réduise en une bouillie amorphe et qu'il place dans cette bouillie des spermatozoïdes. Si ces spermatozoïdes lui donnent des Pluteus, j'admettrai son interprétation de la mérogonie.

« Si mon contradicteur se récuse en disant que le spermatozoïde ne peut assimiler la nourriture ovulaire que lorsque celle-ci a sa structure normale, nous lui ferons remarquer qu'attribuer à la structure du cytoplasme un tel rôle, en lui refusant celui de servir à la constitution de l'édifice embryonnaire, c'est appuyer une hypothèse paradoxale sur une hypothèse indémontrable, procédé qui n'est pas admis dans les sciences.

« En attendant la réussite de l'expérience proposée, examinons les faits qui sont à la connaissance de tous.

« Voilà notre cytoplasme ovulaire hébergeant un noyau spermatique avec son centrosome. Un quart d'heure après, on le voit se diviser identiquement de la même façon que celui d'un œuf intact, normalement fécondé. Les deux blastomères issus de cette division ont un cytoplasme, je pense. La substance qui entoure leur noyau n'est pas une bouillie alimentaire. On n'a nul droit de prétendre qu'il n'est pas du vrai cytoplasme cellulaire normal, quand aucune différence observable au microscope ou décelable par les réactifs ne se montre entre lui et le cytoplasme des blastomères d'un œuf entier normalement fécondé. Or, ce cytoplasme, d'où vient-il? C'est celui même du fragment ovulaire anucléé soumis à la fécondation. Pour que l'hypothèse de mon contradicteur fût vérifiée, il faudrait montrer que ce cytoplasme est d'origine spermatique, qu'il provient de la parcelle qu'a apportée le spermatozoïde, laquelle parcelle se serait étendue et aurait englobé le cytoplasme ovulaire réduit à la condition d'aliment. Or, cette parcelle de cytoplasme spermatique n'est pas la millième partie de la tête du spermatozoïde, laquelle n'équivaut pas à deux millionièmes de la masse du cytoplasme ovulaire. Il faudrait vraiment que ce cytoplasme spermatique fût doué d'une prodigieuse faculté d'assimilation, pour absorber un tel volume de substance nutritive en un quart d'heure. Si mon contradicteur vient dire que la substitution du cytoplasme spermatique au cytoplasme ovulaire peut n'être que progressive, et qu'il y a, au début, dans les cellules de l'embryon, deux cytoplasmes distincts, l'un femelle, destiné à être digéré, l'autre mâle, destiné à rester seul après avoir assimilé le premier, je lui demanderai de nous montrer ces deux cytoplasmes, de nous donner des preuves de cette digestion, de cette substitution de l'un à l'autre; et comme il ne le fera pas, je lui répéterai encore qu'il n'est pas scientifique de se retrancher derrière des hypothèses invérifiables pour éviter la démonstration d'hypothèses paradoxales.

« N'est-il pas abusif de supposer une évolution aussi extraordinaire, quand aucun phénomène observable ne nous en montre la moindre trace? Et n'est-il pas plus simple de tirer de l'expérience sa conclusion naturelle, savoir, que les blastomères se composent d'un noyau de provenance exclusivement mâle, logé dans un cytoplasme de provenance exclusivement femelle (sauf la fusion dans la masse de la minime parcelle de cytoplasme spermatique), sans nier d'ailleurs les modifications de l'un par l'autre par les échanges osmotiques qui s'opèrent entre eux; et que ce cytoplasme ovulaire, dans l'embryon mérogonique, a conservé ses qualités d'organe spécifique, basées sur sa structure physique et sa constitution chimique, puisque aucun indice ne nous montre qu'il ait, à aucun moment, déchu au rôle de simple substance alimentaire?

« Il y a, cependant, encore une troisième manière de voir, qui consisterait à déclarer parthénogénétique tout développement non précédé de la fusion de deux noyaux de sexe opposé, et je ne serais pas étonné que ce fût là, au fond, l'idée de mon contradicteur. Dans ce cas, il n'y a pas de doute, la mérogonie est une parthénogénèse. Mais cela ne lui donne pas raison.

« D'abord, je ne vois pas pourquoi cette parthénogénèse serait plutôt mâle que femelle, puisque les deux sexes fournissent, l'un et l'autre, une partie de substance et que la subordination fonctionnelle du cytoplasme au noyau n'est pas démontrée.

« Mais passons sur ce point.

« Si l'on accepte la définition de mon contradicteur, il se trouvera qu'il y a deux sortes de parthénogénèse : une parthénogénèse vraie, où le produit sexuel, mâle ou femelle, se développera sans rien emprunter au sexe opposé, et une parthénogénèse mâle particulière (dans le cas de la mérogonie), où le produit sexuel mâle emprunte au sexe femelle le cytoplasme de l'ovule. On aura donc réuni, sous le même vocable, deux choses fondamentalement différentes, ce qui n'a que des inconvénients. Quel intérêt y aurait-il, en effet, à définir la mérogonie une parthénogénèse? Un intérêt très grand, celui de faire entrer un fait nouveau, inconnu, dans une catégorie ancienne et connue. Mais, pour que l'avantage soit réel, la condition est que les faits que l'on rapproche soient réellement semblables; dans ce cas particulier, il faudrait que la mérogonie fût semblable à la parthénogénèse vraie, non par le nom seulement, mais par l'essence du phénomène. Or, nous avons démontré qu'elle en est profondément différente. Dès lors, il n'y a qu'à rejeter l'assimilation proposée par mon contradicteur; elle n'explique rien et apporte de la confusion en réunissant des choses différentes sous une étiquette commune ».

Ainsi mes conclusions restent inébranlées, savoir, qu'il y a trois choses bien distinctes qu'il ne faut point confondre :

1° La *fécondation normale*, avec union de deux éléments sexuels, mâle et femelle complets, et fusion du noyau spermatique dans le noyau ovulaire au sein du cytoplasme ovulaire.

2° La *parthénogénèse*, développement d'un embryon aux dépens d'un seul produit sexuel se développant sans le secours de celui de l'autre sexe.

3° La *mérogonie*, c'est-à-dire *fécondation partielle*, développement d'un embryon après pénétration d'un spermatozoïde dans un fragment de cytoplasme ovulaire dépourvu de noyau et donnant naissance à des êtres dont les cellules ont un noyau d'origine exclusivement paternelle et un cytoplasme d'origine mixte peut-être, mais presque exclusivement maternelle au point de vue qnantitatif.

La mérogonie peut être définie la *substitution d'un noyau mâle au noyau femelle dans le cytoplasme ovulaire*. J'ai montré dans la première partie de cette notice (voy. p. 66, 67), et je n'y insisterai pas de nouveau, quelle était la signification de cette substitution et comme quoi la fécondation mérogonique jetait un jour nouveau sur la fécondation normale et permettait de l'interpréter comme étant essentiellement la substitution d'un noyau mâle suffisamment excitable au noyau femelle inerte dans le cytoplasme ovulaire. Dans la fécondation normale, cette substitution est partielle, puisque le noyau mâle s'unit à ce qui reste du noyau femelle après la maturation, c'est-à-dire à 1/4 du noyau de l'ovule primitif. Mais dans la fécondation mérogonique, cette substitution est totale et cela permet d'expliquer le fait paradoxal auquel je fais allusion dans mon premier travail sur la mérogonie, savoir, que les œufs mérogonisés donnent une plus forte proportion de réussite que les œufs témoins normaux. C'est qu'en effet, dans la mérogonie, la substance nucléaire paternelle excitable est seule présente et n'est pas, comme dans la fécondation normale, diluée dans une masse importante de substance nucléaire femelle inerte (1).

Quant à l'utilité du noyau femelle dans la fécondation, elle n'est pas contestable, mais elle n'est pas relative au développement des organes embryonnaires. Très vraisemblablement elle consiste à fournir au descendant les avantages de l'amphimixie, c'est-à-dire de la possession de deux lignées ancestrales, avantages dont Weismann a magistralement démontré l'importance au point de vue de la multiplicité des aptitudes évolutives et de la variation.

(1) Dans une note toute récente à la Société de biologie, un de mes deux contradicteurs revient sur la question et me reproche de me servir d'expressions mal définies en parlant de noyau plus ou moins excitable et de milieu plus ou moins excitant. Que nous sachions le dernier *pourquoi* ou le dernier *comment* de l'excitabilité, certainement non. Mais encore une fois je tiens à écarter les considérations pour lesquelles ce zoologiste semble avoir un certain goût. Si nous voyons un même courant électrique appliqué à deux muscles comparables sous les autres rapports faire contracter l'un et non l'autre, je dirai que le premier est plus excitable que le second; si je vois un même muscle rester inerte à l'application d'un certain courant et se contracter sous l'action d'un autre courant plus intense ou à interruptions plus rapides, je dirai que le second est plus excitant que le premier. On pourrait multiplier ces exemples à l'infini. Excitabilité, bien qu'on ne sache pas au fond ce que c'est, correspond à une notion nette dont on a le droit de se servir.

VI

TRAVAUX DE PHYSIOLOGIE

Études expérimentales sur les Illusions statiques et dynamiques de direction pour servir à déterminer les fonctions des canaux demi-circulaires de l'oreille interne.

J'ai expliqué dans la première partie de cette notice (voy. p. 18 et suiv.) les considérations générales sur lesquelles est fondé ce travail, la nature de la méthode employée et les résultats généraux qu'il m'a fournis. Je ne reviendrai pas sur ces points et me bornerai ici à donner le détail des faits et les résultats partiels et successifs dont les résultats généraux sont la conclusion.

I

SENSATIONS ET ILLUSIONS A L'ÉTAT DE REPOS.

1. *Sensations normales.* — Le sujet est placé, le corps dans la position militaire, contre un mur faisant face au nord, je suppose, en face d'un repère A qu'on le prie de regarder, puis on lui bande les yeux. Si on le prie d'indiquer avec une baguette tenue bien symétriquement des deux mains la verticale ou l'horizontale antéro-postérieure ou transversale, ou si on lui dit de marcher droit devant lui perpendiculairement au mur vers le repère A, il le fait sans erreur sensible. La plupart des sujets ont cependant une *erreur personnelle* toujours de même sens et de même grandeur pour un même individu.

2. *Illusions produites par la rotation de la tête autour de son axe vertical.* — Après avoir enlevé un instant le bandeau de manière à permettre au sujet, replacé contre le mur, de se repérer, et remis de nouveau le bandeau, on le prie de tourner fortement la tête à gauche, par exemple vers l'ouest. Si alors on lui dit de viser avec la baguette le repère A, il se trompe

et vise un point trop à droite, au N.-E., 15° environ. Si on corrige la direction de la baguette, il proteste et déclare qu'on lui fait viser un point trop à l'ouest. Si on lui ôte alors le bandeau après lui avoir fait redresser la tête, il est stupéfait de l'erreur de son indication et parfois croit que l'on a triché. Mais quand c'est lui-même qui a marché vers le N.-E. au lieu du N. il est bien obligé de constater que c'est lui-même qui s'est trompé. Il demande alors à recommencer l'expérience et plus il s'applique, plus il se trompe, jusqu'au moment où, guidé par l'expérience, il triche lui-même et pour désigner le nord vise un point qu'il sent être au N.-O. — L'expérience est d'autant plus concluante qu'elle a été répétée sur des ouvriers, charpentiers, maçons, habitués à juger de la direction des lignes et qui se montraient fort vexés d'une erreur aussi grossière.

Il en est de même pour le côté opposé. Il semble au sujet que son corps ou l'espace extérieur a tourné et le déplacement peut être à volonté attribué au corps ou à l'espace extérieur, en sorte que l'on peut dire en résumé :

« L'état de rotation de la tête, à droite ou à gauche, autour de son axe vertical, produit une illusion sous l'influence de laquelle on estime les directions comme s'il s'était produit un mouvement relatif du corps par rapport à l'espace extérieur, de 15° environ, autour de l'axe vertical du premier, ce mouvement pouvant être attribué soit au corps dans le même sens que la tête, soit à l'espace extérieur dans le sens opposé. »

3. *Illusions produites par la rotation de la tête autour de son axe transversal.* — Ici la tête s'incline en avant ou en arrière et on demande au sujet de tenir la baguette verticalement ou horizontalement vers le point A. C'est dans le plan sagittal qu'a lieu l'erreur, en sens inverse de l'inclinaison de la tête, et l'on peut dire :

« L'état d'inclinaison de la tête, en avant ou en arrière autour de son axe transversal, produit une illusion sous l'influence de laquelle on porte sur les directions les mêmes jugements que s'il s'était produit un mouvement relatif de rotation du corps par rapport à l'espace extérieur de 15° environ autour du même axe que la tête, ce mouvement pouvant être attribué soit au corps dans le même sens que la tête, soit à l'espace extérieur dans le sens opposé. »

Mais pour pouvoir attribuer la rotation au corps, il faut supprimer la sensation d'équilibre qui la combat et pour cela se suspendre à un trapèze les bras à demi raccourcis. Si dans ces conditions on incline fortement la tête en arrière par exemple, on a la sensation que son corps est oblique en arrière.

4. *Illusions produites par la rotation de la tête autour de son axe antéro-postérieur.* — Ici la tête est inclinée sur l'une ou l'autre épaule et non plus tournée vers l'une ou l'autre épaule. La baguette est tenue verticale et la déviation est à droite ou à gauche du plan vertical, ou horizontale de droite à gauche et la déviation a lieu par rapport au plan horizontal. Pour que l'illusion puisse être rapportée au corps, il faut user du même artifice que pour le cas précédent et pour les mêmes raisons. On pourrait répéter ici une formule calquée sur les deux précédentes, ce qui serait oiseux. Je préfère donner maintenant la formule générale qui résume les trois cas et qui indique en même temps que ces illusions se produisent tout aussi bien dans toute attitude du corps autre que la verticale, dans toutes les sortes de décubitus, obliques ou horizontale.

« Lorsque le corps est vertical et que la tête est placée dans sa situation normale, les yeux étant fermés, on peut indiquer sans erreur grave toutes les directions de l'espace. Mais si la tête se déplace par rapport au tronc, quelle que soit l'attitude primitive du corps, cette position nouvelle détermine des illusions constantes sous l'influence desquelles le sujet porte sur les directions les mêmes jugements que si son corps et l'espace extérieur avaient exécuté l'un par rapport à l'autre un mouvement relatif de rotation d'environ 15° autour du même axe que la tête, le mouvement pouvant être attribué soit au corps dans le même sens que la tête, soit à l'espace extérieur dans le sens opposé. L'erreur personnelle inhérente à certains individus ainsi que celle que produit l'inclinaison du corps est indépendante de celle produite par le déplacement de la tête et s'ajoute algébriquement à elle. »

Siège et cause des illusions ci-dessus décrites. — Je montre ici que l'analyse des conditions mécaniques des canaux demi-circulaires ne permet pas de les considérer comme le siège de ces illusions ni des sensations normales correspondantes. Mais nous verrons que ces canaux nous donnent des indications sur les mouvements rotatoires de la tête, et l'on pourrait croire que, dans le cas actuel, ils fournissent l'illusion par un *souvenir sensitif* du mouvement opéré pour déplacer la tête. Je réfute cette objection possible en faisant prendre à la tête son attitude relative par déplacement du corps entier autour de la tête maintenue immobile. J'élimine de même la contraction des muscles du cou comme cause de ces illusions par l'expérience suivante. Une bande de toile est enroulée horizontalement autour de la tête, au niveau du front, de manière à faire plusieurs tours; et le bout libre de la bande est attaché à un point fixe. Si alors on fait effort comme pour tourner la tête, les muscles du cou entrent en contraction, sans que la tête maintenue puisse obéir et tourner. Dans ces conditions, l'illusion ne se produit pas.

Après bien des recherches, je suis arrivé à reconnaître que c'est dans la direction des regards à travers les paupières fermées et par suite dans la contraction des *muscles droits* de l'œil qu'il faut chercher la cause des illusions et des sensations normales correspondantes. Voici l'expérience cruciale que le démontre. Si, les yeux étant bandés et la tête restant droite, on dévie fortement les globes oculaires dans les diverses directions, on reproduit toute la série des illusions ci-dessus décrite.

Je discute les causes du phénomène, je montre que les illusions provoqués par le déplacement de la tête proviennent de ce que les globes oculaires se dévient dans l'orbite concurremment et dans le même sens, et j'arrive à cette conclusion finale :

« L'organe primitif des sensations statiques de direction est le toucher, qui a cédé la place à la vue après avoir fait son éducation. Concurremment avec la vue, et surtout en son absence, l'organe de ces sensations est l'appareil oculo-moteur. C'est par l'égale contraction des muscles droits que nous reconnaissons la direction de l'horizontale antéro-postérieure et par suite de toutes les autres lignes cardinales ou intermédiaires lorsque la tête est droite. C'est par la quantité de contraction des muscles droits correspondants que nous mesurons la rotation de la tête quand celle-ci se déplace et que nous pouvons retrouver la direction des lignes. Toutes ces illusions statiques de direction sont sous la dépendance des muscles oculo-moteurs et celles que semblent produire les déplacements de la tête sont provoquées en réalité par des mouvements concomitants des globes oculaires.

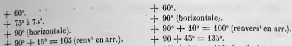
3. *Sensations relatives à l'orientation du corps et illusion correspondante.* — Ces expériences sont faites avec un instrument que j'ai appelé la *planche à bascule*. C'est une planche un peu plus large et un peu plus longue que le corps, avec un appui-pied en bas et une partie articulée en haut à la hauteur du cou, pour permettre les inclinaisons de la tête, et fixée vers le milieu par deux tourillons lui permettant de basculer autour d'un axe horizontal transversal.

Un cercle gradué adjoint à l'un des tourillons permet de mesurer les angles.

a) *Inclinaisons du corps autour de son axe transversal.*

Voici le tableau qui résume les expériences.

ANGLE VRAI	ANGLE APPARENT
0° (verticale).	0° verticale.
+ 5° (inclinaison en arrière).	— 4 à 5° (inclinaison en avant).
+ 45°.	+ 40°.
+ 50°.	+ 45°.



+ 60°.	+ 60°.
+ 75° à 75°.	+ 90° (horizontale).
+ 90° (horizontale).	+ 90° + 10° = 100° (renversᵗ en arr.).
+ 90° + 15° = 105 (renvᵗ en arr.).	+ 90 + 45° = 135°.
+ 90° + 30° = 120°.	+ 90° + 90° = 180° (verticale tête en bas).

Les illusions provenant de l'inclinaison de la tête en avant ou en arrière s'ajoutent algébriquement aux précédentes.

b) *Inclinaison par rapport à un axe antéro-postérieur.* — Attitude fort incommode. — Illusions semblant correspondre aux précédentes, mais mal définies.

c) *Rotation autour d'un axe vertical.* — Pas d'illusions, toutes ces positions étant normales.

La discussion de ces expériences combinées avec d'autres portant sur les contractions de l'appareil moteur de l'œil et sur les sensations cutanées, m'ont conduit à la conclusion suivante :

« Lorsque, la tête gardant relativement au corps son attitude normale, celui-ci prend des attitudes diverses dans le plan de symétrie, il existe une inclinaison moyenne voisine de 60° pour laquelle on estime sans erreur son orientation. Pour les angles moindres, on se croit plus penché en avant qu'on ne l'est en réalité; pour des inclinaisons plus fortes, on se croit au contraire plus penché en arrière. L'erreur s'accroît très rapidement en approchant de l'horizontale et surtout au delà, au point que, vers 120°, le sujet se croit vertical la tête en bas. — Les sensations de l'oreille interne sont entièrement étrangères à ces sensations et illusions ; celles de l'appareil oculo-moteur tendent à les corriger partiellement. — Leur vraie cause semble être générale et résider dans les sensations musculaires et cutanées de pression sur les surfaces de soutien et dans la tendance des viscères doués de quelque mobilité et des liquides de l'organisme (y compris peut-être ceux du labyrinthe), à se porter vers les parties les plus déclives. »

II.

SENSATIONS DE ROTATION

1. *Rotation autour de l'axe vertical du corps.* — Pour ces expériences le sujet se place assis, les yeux fermés ou bandés, dans une caisse suspendue par une longue corde que l'on tord avant qu'il y entre et qui, en se détordant, produit une rotation avec tous les caractères que l'on désire. Les rotations très lentes sont intégralement perçues, même celles qui n'ont qu'une vitesse de 2° par seconde, rotation à peine visible à l'œil sur un cercle de 50 centimètres de diamètre. Voici le résumé des sensations et illu-

sions éprouvées, en grande partie conforme au résultat des expériences antérieures de Mach.

« Les mouvements rotatoires prolongés cessent bientôt d'être perçus lorsqu'ils sont uniformes et l'on ne sent alors que les accélérations positives ou négatives de la vitesse angulaire, sous la forme d'une rotation en même sens dans le premier cas, en sens inverse dans le second. L'arrêt brusque, qui équivaut à une accélération négative subite et intense, provoque une sensation très nette de rotation en sens inverse. Mais, dans les mouvements de rotation courts ou discontinus, les seuls que nous accomplissions dans la vie ordinaire, le mouvement est perçu intégralement avec toutes ses qualités de vitesse, de durée et d'amplitude, et l'arrêt ne provoque aucune sensation de rotation en sens inverse. »

Et j'ajoute que :

« Nous sommes sensibles aux variations de la vitesse et non à celles de l'accélération. »

Si, pendant la rotation continue ou pendant que dans la sensation subjective de rotation consécutive à l'arrêt brusque, on incline la tête en avant, en arrière ou sur l'une ou sur l'autre épaule, on a la sensation que l'axe de rotation s'incline en sens inverse de 25° à 40° et que le corps décrit une courbe fermée autour de cet axe oblique.

Les résultats peuvent être résumés sous la formule générale suivante :

« Lorsque le corps est entraîné dans un mouvement de rotation autour d'un axe quelconque, si la tête prend une position nouvelle par déplacement autour d'un axe autre que celui de rotation, cette attitude anormale donne naissance à une illusion sous l'influence de laquelle les impressions ressenties sont les mêmes que si l'axe de rotation s'était dévié en sens inverse, d'un angle inférieur de 15° au déplacement angulaire de la tête. »

Ces illusions n'ont rien de commun avec les illusions statiques provenant de l'appareil moteur. Elles sont beaucoup plus grandes et de sens contraire.

En effet, la tête étant inclinée sur l'épaule *gauche*, pour désigner la verticale nous visons trop à droite et une baguette vraiment verticale nous paraît inclinée à *gauche*. Au contraire, dans la même position de la tête, l'axe du mouvement rotatoire, en réalité vertical, nous paraît dévié à *droite*. Donc :

« Les illusions dynamiques sont entièrement différentes des illusions statiques, étant plus fortes et de sens contraire. Loin de pouvoir être expliquées par ces dernières, elles sont au contraire en partie corrigées par elles. »

Ces expérience montrent que l'organe des sensations rotatoires est dans la tête et la discussion de la participation possible des autres organes ou appareils à ces sensations montre que les yeux, l'encéphale, le liquide sous-arachnoïdien doivent être mis de côté, et conduit à cette conclusion :

« Dans les mouvements de rotation, les illusions produites par les attitudes anormales de la tête ont toutes pour effet de faire attribuer au corps les mouvements qu'il aurait eus en réalité si la tête, après avoir repris sa position normale, avait suivi la même trajectoire par rapport à ses axes morphologiques. — Ces illusions ont donc la même valeur angulaire que les déviations de la tête qui les provoquent ; mais elles sont partiellement corrigées par une illusion statique de sens inverse qui se produit simultanément par le fait de la déviation des globes oculaires. Cette dernière s'ajoute algébriquement à la précédente et peut être à volonté augmentée, diminuée, annulée ou changée de signe. — Les sensations provoquées par les mouvements rotatoires ont leur siège dans la tête. Les autres organes de la tête, en raison de leur structure, ne sont point en état de fournir les sensations observées. Ce sont les canaux demi-circulaires qui seuls rendent compte de ces derniers. »

III

SENSATIONS DE TRANSLATION.

En chemin de fer, les trépidations apportent une perturbation fâcheuse. Pendant la marche à vitesse uniforme on ne sent qu'une trépidation sur place et il est aisé, les yeux fermés, de se représenter qu'on est entraîné à reculons ou même transversalement. Au voisinage de points d'arrêt l'accélération positive ou négative donne lieu à des sensations nettes d'entraînement en avant ou en arrière. Mais les attitudes variées de la tête ne provoquent aucune illusion.

J'ai étudié aussi les sensations éprouvées en bateau, mais il était nécessaire pour une étude complète du phénomène d'imaginer un appareil donnant un mouvement non uniforme, longtemps continué et sans secousse. C'est pour cela que j'ai construit la *balançoire sans rotation* décrite et figurée dans la première partie de cette notice (voy. p. 21). Cet appareil m'a permis d'établir les résultats suivants :

« Les mouvements de translation sont perçus, quelle que soit leur nature uniforme ou accélérée, avec tous leurs caractères d'étendue, de vitesse, de durée, lorsque cette durée est courte. — Quand la durée est longue, ils cessent d'être perçus quand ils sont uniformes (Loi de Mach). — Pour être nettement perçues les accélérations doivent être supérieures à 30 ou 40 centimètres par seconde. Le *seuil*, ou mi-

nimum perceptible, correspond à une accélération d'environ 23 centimètres par seconde. — Les mouvements de translation sont beaucoup moins finement perçus que les mouvements rotatoires. Le minime perceptible correspond à une accélération près de trois fois plus forte que pour ces derniers. — Les illusions statiques produites pour la déviation des globes oculaires se continuent pendant les mouvements de translation et font croire à une déviation de la trajection dans le même sens. — Les attitudes anormales de la tête, pas plus que l'arrêt brusque, ne donnent lieu à des illusions dynamiques pendant les mouvements de translation.

Quant à la cause des sensations, l'étude des phénomènes m'a montré que :

« Les sensations de translation semblent être générales et produites par une pression des liquides de l'économie contre les parois de vaisseaux et réservoirs qui les contiennent, par une traction des différents viscères sur leurs attaches et sur leurs propres parties et peut-être par une action sur les plexus nerveux du voisinage : en un mot, par une sorte de mouvement de marée de toutes les parties de notre organisme qui jouissent de quelque mobilité. »

La conclusion générale du travail est que :

« Le siège des sensations sur les directions des lignes dans l'espace et sur l'orientation de notre corps, ainsi que celui des illusions correspondantes, est dans l'appareil oculo-moteur.

Les sensations de translation n'ont pas d'organe spécial.

Les canaux demi-circulaires de l'oreille interne sont à la fois : 1° un organe sensitif qui nous renseigne sur les mouvements accomplis, activement ou passivement, par notre tête, conséquemment, par l'ensemble de notre corps; 2° un organe excito-moteur qui provoque, par voie réflexe probablement, les mouvements compensateurs des globes oculaires destinés à empêcher les illusions visuelles, et en tout cas les contractions musculaires correctrices qui assurent le maintien de notre équilibre et la corection de nos mouvements généraux. »

Sur une fonction nouvelle des otocystes comme organes d'orientation locomotrice.

Les idées générales qui ont provoqué ce travail et celles qui découlent des expériences faites ont été exposées dans la 1re partie de cette notice (voy. p. 23).

L'opération destinée à vérifier la fonction que je soupçonnais dans les otocystes des Invertébrés consiste à enlever ces organes et à examiner les troubles de l'équilibration avec ou sans suppression des organes visuels et tactiles.

J'ai expérimenté sur les Mollusques et les Crustacés.

MOLLUSQUES

Les Lamellibranches et les Gastéropodes se prêteraient mal à ces expériences. Les uns et les autres ont une locomotion trop lente, qui rendrait l'opération inutile, et, chez les derniers, la situation des organes au voisinage des centres nerveux et des grands courants sanguins la rendrait presque sûrement mortelle.

Les Céphalopodes, animaux agiles, aux allures vives, sont beaucoup plus favorables; mais l'opération est, ici aussi, fort délicate. Les otocystes sont en effet placés très profondément dans l'épaisseur du cartilage crânien, au voisinage des grands sinus de la tête. J'ai choisi les Octopodes, Poulpes et Élédones, les Décapodes (Calmars et Seiches) ayant, au devant de la région des otocystes, un énorme sinus veineux qu'il est à peu près impossible de ne pas percer. J'ai fini par établir un manuel opératoire qui permet sur un Poulpe d'enlever les otocystes des deux côtés en une seule séance, en quelques minutes, et par une opération si bénigne qu'au bout de peu de jours, la cicatrice est presque méconnaissable. Pour être certain que l'organe est bien détruit, je le vide avec une petite curette et retire l'otolithe.

Le Poulpe ainsi opéré et remis de l'opération par quelques jours de repos et de bonne nourriture se comporte de la manière suivante.

Il se meut en nageant, comme on sait, le sac viscéral en avant par un effet de recul dû à la projection d'un jet d'eau violent par l'entonnoir.

Si le mouvement est très lent, on n'observe qu'une sorte de roulis par lequel l'animal verse alternativement sur un côté puis sur l'autre, par rotation autour de son axe longitudinal, de 20 à 30 degrés environ. Si le mouvement devient plus rapide, la rotation s'accentue. Enfin lorsque l'animal se meut à toute vitesse, l'allure est tout à fait modifiée. Le départ a lieu toujours en direction et en situation normales; mais bientôt il se produit une rotation, soit autour de l'axe longitudinal du corps, et la trajectoire devient une hélice allongée, soit autour de son axe transversal, et la trajectoire devient une sorte d'ellipse très excentrique, située dans le plan de symétrie et que l'animal parcourt en ayant toujours sa face dorsale tournée vers le centre. De toute manière, il arrive à se trouver la face ventrale en haut, situation absolument inusitée chez les Poulpes intacts.

L'animal s'aperçoit bien vite de son erreur, il cherche à se redresser, mais au premier mouvement, les mêmes phénomènes se produisent.

Ces deux modes de rotation sont des types extrêmes qui sont souvent

réalisés, mais qui, fréquemment aussi, se combinent de façons variées.

Il arrive aussi que l'animal tourne dans un plan horizontal, autour d'un point placé à sa droite ou à sa gauche, et ce mode de déviation peut se combiner aussi aux deux autres pour compliquer encore l'effet total. La trajectoire normale peut donc être modifiée par des mouvements de rotation quelconques autour d'un des trois axes principaux du corps ou d'un axe intermédiaire.

En somme, l'animal est désorienté et ne peut retrouver son attitude normale que lorsqu'il reste au repos, accroché par ses ventouses aux objets fixes du voisinage.

Les individus aveuglés ont une allure lente, indécise, mais nullement anormale. Ceux qui sont privés à la fois de leurs yeux et de leurs otocystes sont non seulement absolument désorientés dans leur natation, mais ont mille peines à retrouver leur position naturelle, même après avoir gagné le fond. Fréquemment, on les voit faire une ou deux culbutes, sac par-dessus tête, avant d'y arriver.

Tout cela s'explique par le fait que l'animal, n'ayant plus la sensation des mouvements rotatoires qu'accomplit son corps, ne sait plus faire automatiquement les mouvements nécessaires pour maintenir son équilibre.

CRUSTACÉS

C'est principalement chez les Schizopodes et les Décapodes que l'on rencontre ces organes, chez les premiers dans la nageoire caudale, chez les autres dans les antennes de la première paire. Rien n'est plus facile que d'en faire l'avulsion. Il suffit, chez les Schizopodes, de couper le bout de la queue avec des ciseaux, et, chez les Décapodes, de faire tomber l'antennule avec une aiguille emmanchée.

Schizopodes. — Les Mysis sont, comme on sait, toujours en mouvement. Privées de leurs otocystes, elles tournent sur elles-mêmes, le plus souvent autour de leur axe longitudinal, toujours dans le même sens pendant des heures entières. D'autres tournent sur le côté, d'autres décrivent des hélices. — Chez la plupart, les mouvements affectent une prédominance marquée pour une forme donnée.

Mais pour rendre le phénomène très net, il faut aveugler l'animal, ce qui tient sans doute à la grande valeur des impressions visuelles, capables de jouer d'une façon remarquable le rôle de correcteurs de l'équilibre. Mais les Mysis simplement aveuglées ne sont pas du tout déséquilibrées.

DÉCAPODES. *a) Macroures.* — Les *Crevettes*, de même, ont dans leurs yeux et leurs antennes des correcteurs à peu près parfaits de leur équilibre ; mais privées de ces organes, elles ne sont nullement désorientées, tandis que si on leur enlève en même temps les otocystes, elles sont désorientées, nagent à reculons ou font des culbutes, ou piquent le rostre en bas et sont en somme déséquilibrées.

Les *Gébies* nagent à reculons à grands coups de queue. Les effets de l'avulsion des otocystes seules ou des otocystes et des yeux en même temps sont tout à fait comparables à ceux décrits ci-dessus chez le Poulpe.

b) Brachyures. — Les types lents et marcheurs comme le *Crabe* sont peu favorables, car ils sont sans cesse en contact avec le sol par le bout de leurs 8 pattes locomotrices. On observe bien au début quelques chutes, mais vite réparées et qui bientôt ne se reproduisent plus.

Les *Polybius* nageurs sont beaucoup plus propices. L'animal fait d'abord des douzaines de culbutes comme un acrobate, puis se calme, mais reste désorienté, tourne en nageant et ne peut plus arriver droit à un but. Si les yeux sont en même temps enlevés, les phénomènes sont beaucoup plus marqués et il a beaucoup de peine à se rétablir dans la situation normale quand il est tombé sur le dos. L'aveuglement seul produit les effets ordinaires de la cécité, mais aucune déséquilibration.

Chez le *Corystes*, les effets sont très caractéristiques. C'est un animal marcheur et très lent, mais qui se tient dans une position presque verticale, très redressée, appuyé seulement sur une étroite base de sustentation. Si, à l'état normal, on le place sur le ventre, il se redresse aussitôt; si on le couche sur le dos, il se relève non moins vivement. Après l'avulsion des otocystes, même sans toucher aux yeux, il devient tout à fait incapable de se maintenir. Si on le met sur le ventre, il se redresse, mais dépasse le but, tombe sur le dos et ne sait plus se relever. Indéfiniment on peut recommencer l'opération avec le même succès. Pas une fois il ne peut conserver l'attitude instable qui lui est habituelle à l'état normal.

Rappelons que d'autres observateurs ont étendu ces observations avec le même succès aux Hétéropodes et aux Méduses.

La conclusion du mémoire est la suivante :

« La destruction des otocystes produit une désorientation locomotrice chez les animaux qui l'ont subie.

« Ce résultat est dû à l'abolition des fonctions de l'organe et non à une excitation du nerf correspondant.

« La suppression des sensations visuelles et tactiles, du moins celles des organes

spéciaux du toucher tels que les antennes, ne produit aucun effet de ce genre.

« La vue et le toucher peuvent dans une certaine mesure suppléer les otocystes détruites, mais, le plus souvent, la désorientation locomotrice n'est qu'atténuée par les indications de ces deux sens.

« Les otocystes, outre leur fonction auditive, jouent le rôle d'organes régulateurs de la locomotion, probablement en provoquant par voie réflexe les actes musculaires correcteurs qui maintiennent le corps sur la trajectoire voulue et dans son orientation normale pendant toute la durée du mouvement.

« Il y a de fortes raisons de croire que ces organes envoient aussi aux ganglions cérébroïdes des sensations véritables qui renseignent l'animal sur les mouvements de rotation accomplis activement ou passivement par son corps.

« Ces sensations, ainsi que les actes réflexes précédents, peuvent être provoquées par la pression des otolithes sur les terminaisons nerveuses de la paroi de l'otocyste. »

A la suite de ce travail, les auteurs ont substitué au nom de ces organes, *otocyste*, celui de *statocyste,* rappelant la fonction que j'avais fait connaître.

Les méridiens de l'œil et les jugements de la direction des objets.

J'ai indiqué dans la première partie de cette notice (voy. pag. 27) ce que sont les *méridiens morphologiques* et les *méridiens astronomiques* de l'œil et j'ai défini les *images accidentelles.*

Quand nous inclinons la tête sur l'une ou l'autre épaule, l'image des objets verticaux, arbres, clochers, nous paraît rester verticale. Or cette image rétinienne est parallèle au méridien astronomique vertical tandis qu'elle fait un angle avec le méridien vertical morphologique. Nous semblons donc autorisés à conclure : *l'œil ignore ses méridiens morphologiques et connaît ses méridiens astronomiques.*

J'ai décrit aussi l'expérience d'Aubert (pag. 29) où l'on ne voit qu'une fente lumineuse verticale dans une chambre entièrement obscure. Ici, si l'on incline la tête, la fente semble s'incliner en sens inverse. Donc ici, il semble que : *l'œil ignore ses méridiens astronomiques et connaît ses méridiens morphologiques.* Mais ouvrons la porte, de manière à éclairer la chambre, aussitôt, bien que nous n'ayons pas redressé la tête, la fente paraît verticale.

Donc ici, *l'œil semble juger d'après ses méridiens astronomiques quand il fait jour et d'après ses méridiens morphologiques quand il fait nuit.*

Les *images accidentelles* (voy. pag. 29) ont ceci de particulier qu'elles sont invariablement liées à l'œil et tournent avec lui lorsque celui-ci tourne sur ses axes.

Si, la tête étant droite, nous nous procurons une image accidentelle d'un objet vertical, et qu'ensuite, les yeux fermés, nous inclinions la tête sur l'une ou l'autre épaule, l'image paraît s'incliner dans le même sens et prendre la même obliquité que l'œil. Donc ici de nouveau; *l'œil semble juger d'après ses méridiens morphologiques*, puisque l'image, parallèle au méridien morphologique vertical, suit celui-ci dans ses inclinaisons.

Mais procédons autrement : la tête étant penchée sur l'épaule, regardez en plein jour un objet vertical vivement éclairé (le châssis d'une fenêtre). Nous avons vu que l'image semble verticale. Mais fermons brusquement les yeux pour en recueillir l'image accidentelle. Nous sommes tout à fait dans le cas de l'expérience d'Aubert, puisque nous avons, sur la rétine plongée dans la nuit, une seule image, celle d'une ligne verticale, parallèle au méridien vertical astronomique, mais se peignant oblique par rapport au méridien vertical astronomique. Nous devrions donc la juger oblique. Cependant, elle nous paraît nettement verticale. Ce résultat est véritablement surprenant et en contradiction absolue avec l'expérience d'Aubert. Ici, en effet, *nous jugeons d'après nos méridiens astronomiques bien qu'il fasse nuit.*

On voit quelle série de contradictions se présente et l'intérêt qu'il y avait à débrouiller tout cela.

La différence entre l'expérience des images accidentelles et celle d'Aubert étant que dans un cas les images sont accidentelles, tandis qu'elles correspondent dans l'autre à un objet actuellement vu, j'ai naturellement cherché dans cette différence la cause de la contradiction. Et j'ai trouvé ceci.

La seule différence fondamentale entre une image réelle et une image accidentelle est que le regard peut parcourir la première, chose qu'il ne peut faire pour la seconde puisqu'il l'entraîne dans ses mouvements. En parcourant l'image réelle, l'œil fait intervenir un nouvel élément de jugement, la notion des muscles qui se contractent pour suivre la direction principale de l'image. Si ces muscles sont les droits supérieur et inférieur, il y aura une raison de plus de juger l'image verticale ; si ce sont ces muscles concurremment avec les droits interne et externe, il y aura une raison de la juger oblique. Or c'est ce qui arrive dans l'expérience d'Aubert. Mais voici une expérience qui ruine cette tentative d'explication. Si, dans l'ex-

périence d'Aubert, on s'astreint à regarder un point fixe de la ligne claire, sans déplacer l'œil, la ligne n'en paraît pas moins oblique; d'autre part si, dans mon expérience, on déplace l'image accidentelle dans le prolongement de sa propre direction, elle n'en paraît pas moins rester verticale, bien que l'élément musculaire ait été supprimé dans le premier cas et introduit dans le second.

La difficulté reste entière. Or rien n'est irritant comme cette constatation de deux conclusions également certaines et contradictoires.

Pour rendre la contradiction plus flagrante, j'eus l'idée de combiner les deux expériences en faisant peindre simultanément sur ma rétine l'image accidentelle et l'image réelle. Pour cela, tout étant préparé comme pour l'expérience d'Aubert, je place à 2 ou 3 centimètres de la fente une longue flamme très brillante de gaz carburé. Un robinet placé à portée de ma main me permet de l'éteindre presque entièrement en ne laissant qu'une petite flamme bleuâtre, invisible derrière un écran et suffisante pour rallumer la première.

Les choses étant ainsi disposées, j'incline la tête sur l'épaule, je me procure une image accidentelle pas tout à fait centrale de la flamme de gaz, je ferme le robinet et regarde la fente lumineuse. D'après ce qui précède, les deux images parallèles peintes simultanément sur ma rétine devraient me paraître l'une verticale et l'autre oblique. Quelle n'est pas ma satisfaction en voyant que les deux images paraissent également obliques et rigoureusement parallèles. Ainsi la contradiction n'existe pas. *Pour l'une et l'autre image mon jugement se règle sur les méridiens morphologiques de l'œil.*

Mais alors pourquoi, dans l'expérience vulgaire, l'image accidentelle du châssis de fenêtre paraissait-elle verticale?

J'en discute les causes et montre qu'il faut les chercher dans le faible degré de l'obliquité joint au caractère fugace des images accidentelles et dans la fausse notion que l'on a de la verticale quand la tête est inclinée, ainsi que je l'ai montré dans mon travail sur les canaux demi-circulaires.

On peut faire disparaître cette contradiction et obtenir avec les images accidentelles la même impression d'obliquité que dans l'expérience d'Aubert en inclinant la tête très fortement, jusqu'au-dessous de l'horizontale.

Les contradictions sont maintenant moins nombreuses, puisque l'expérience d'Aubert et celle des images accidentelles sont d'accord, mais il reste la contradiction entre ces deux expériences et celle où, regardant en plein jour les arbres et les clochers, nous les voyons verticaux bien que nous inclinions la tête.

Je montre ici que la différence est due à ce que, pour les inclinaisons modérées de la tête qui nous sont habituelles, nous faisons une correction instinctives qui a pour point de départ le sentiment que nous avons de la verticalité d'objets qu'une expérience journalière nous a appris être toujours verticaux. Certes, si un arbre est penché, nous le voyons tel, mais notre raison proteste quand, par suite d'un simple mouvement de la tête, nous serions tentés de voir *tous* penchés, et *également* penchés, des objets que l'instant d'auparavant nous venions de voir tous droits. Mais si nous inclinons la tête très fortement, jusqu'au-dessous de l'horizontale, position qui ne nous est plus habituelle et pour laquelle nous n'avons pas eu de fréquentes occasions de faire les corrections nécessaires, les arbres et les clochers nous paraissent obliques aussi bien que la ligne d'Aubert. Il n'y a donc plus contradiction absolue entre les deux expériences : il n'y a différence que dans le degré d'inclinaison nécessaire pour faire naître l'illusion et il est naturel que ce degré soit moindre dans l'obscurité où les points de repère se trouvent supprimés pour notre œil.

J'étudie ensuite une illusion particulière qui m'avait été soumise par Aubert, dans une lettre où il concluait après l'avoir décrite : *J'avoue qu'il m'est impossible d'expliquer cette énigme.* J'en donne une explication qui me semble fort simple, pour laquelle je renvoie à mon mémoire, et j'arrive enfin à une conclusion qui me paraît résumer la loi générale des illusions et des corrections qu'elles provoquent.

« *Tout organe des sens impressionné dans les conditions normales de son fonctionnement provoque des jugements exacts. Dès que les conditions deviennent anormales, l'impression se modifie et le jugement tend à devenir fautif en se rapprochant de celui qui aurait été porté si l'organe avait reçu la même impression dans les conditions normales. Helmoltz a le premier bien reconnu cela, mais il n'a pas été plus loin. Or l'analyse complète des phénomènes nous montre quelque chose de plus. L'expérience et la vérification par les autres sens ou par le même sens agissant dans ses conditions normales nous permet de reconnaître l'erreur et de la corriger. Aussi quand ces conditions anormales se reproduisent fréquemment, la correction finit par devenir automatique et inconsciente, et l'illusion ne se produit plus. C'est seulement quand la condition anormale est exceptionnelle par sa nature ou par son degré que la correction devient nulle ou insuffisante et que l'illusion se produit. Il n'y a guère à douter qu'en se soumettant assez fréquemment aux mêmes illusions on finirait par ne plus les éprouver. La chose m'est arrivée dans quelques cas pendant mes expériences sur la fonction non auditive de l'oreille interne.* »

Sur la grandeur subjective des images monoculaires et binoculaires dans la loupe

avec une discussion raisonnée de l'emploi de la loupe à l'usage des naturalistes.

Ce travail ne se prêtant guère à l'analyse, en raison des développements mathématiques qu'il comporte, je ne puis que le reproduire ci-dessous presque intégralement.

Si l'on regarde avec un seul œil un objet à travers une loupe de grand diamètre, on voit cet objet grossi dans une mesure qui dépend, comme on sait, de la force de la lentille et des distances entre l'objet, la lentille et l'œil. Plaçons la loupe au point où elle donne les images nettes maxima, et, sans changer sa position ni celle de la tête ou de l'objet, ouvrons l'autre œil. Aussitôt l'image paraît notablement grandie et, dans les conditions les plus favorables, peut paraître doublée. Ce n'est donc pas là une minutie; c'est un phénomène très apparent. L'expérience est facile à faire de la manière suivante : prendre une loupe faible de 10 à 12 centimètres de diamètre, la tenir de la main droite près de l'œil, et regarder sa main gauche, avec un seul œil, à la distance maxima où on la voit encore nettement, puis ouvrir et fermer successivement l'autre œil plusieurs fois. Bien entendu, il faut placer la tête de manière à ce que les rayons qui arrivent au second œil traversent eux aussi la lentille.

Le supplément de grossissement obtenu par le concours du second œil est évidemment subjectif, car l'image rétinienne du second œil est égale à celle du premier et ne devrait, selon l'apparence, augmenter que l'intensité de la sensation. A quoi donc est-il dû?

Dans cette question du grossissement telle que nous l'envisageons ici, il y a deux choses à distinguer : la grandeur réelle de l'image rétinienne fournie par la loupe, et la sensation subjective du grossissement.

Étudions d'abord la première.

Cela va m'entraîner à quelques développements que je présente, non comme une théorie de la loupe, ce qui serait bien inutile, cette théorie étant faite et bien faite depuis longtemps, mais comme une discussion raisonnée de la pratique de la loupe à l'usage des naturalistes.

On lit dans la plupart des manuels de physique ou de technique microscopique qu'il *faut* placer la loupe de manière à ce que l'image se forme à la distance minima de la vision distincte. Cela peut être un avantage, mais ce n'est pas une nécessité. Il existe en effet, pour chaque distance entre l'œil et l'objet, un espace assez étendu dans lequel la loupe peut se mouvoir sans cesser de fournir des images nettes. Quand elle touche l'objet, l'image a la même dimension que l'objet;

le grossissement est 1, c'est-à-dire que, au sens vulgaire du mot, l'objet n'est pas grossi. A mesure qu'on écarte la loupe de l'objet pour la rapprocher de l'œil, le grossissement augmente jusqu'à une limite atteinte pour une certaine position de la lentille. A partir de ce moment, si l'on continue le mouvement, l'image continue à grossir, mais elle perd de plus en plus sa netteté. Si l'on déplace l'œil par rapport à l'objet, il y a pour la loupe toute une nouvelle série de positions donnant encore des images nettes et des grossissements variés. De même, pour chaque distance fixe de la loupe à l'œil il y a toute une série de positions de l'objet donnant des images nettes et des grossissements différents; enfin, il y a encore toute une série de positions de la tête donnant des images nettes et des grossissements variés pour chaque distance fixe de la loupe à l'objet, à la condition cependant, dans ce dernier cas, que l'objet soit entre la lentille et son foyer principal, sans quoi celle-ci fonctionnerait comme objectif et non plus comme loupe.

Le grossissement réel, celui qui est mesuré par la grandeur de l'image rétinienne, est donc très variable et dépend des positions relatives de trois parties mobiles : l'objet, la loupe et l'œil.

Remarquons d'abord que, pour une situation donnée de la lentille LL' (fig.17) avec ses foyers FF' et de l'objet OO', l'image II' a une position et une grandeur fixes et indépendantes de la situation et des qualités de l'œil qui la perçoit.

Cette image, obtenue graphiquement, comme l'on sait, au moyen des rayons central et parallèle à l'axe, peut être considérée, bien qu'elle soit virtuelle, comme un objet réel vu par l'œil sans loupe. Elle est telle qu'un rayon quelconque IC, allant d'un quelconque de ses points à l'œil et rencontrant la lentille en K, est réel dans sa portion KC, qui représente le rayon réfracté correspondant au rayon incident OK. Cette image II' peut être vue tout comme un objet réel à une distance quelconque et toujours nettement par l'œil doué de son pouvoir d'accommodation depuis l'infini jusqu'au punctum proximum. A mesure que l'œil s'éloigne, l'angle sous lequel il voit II' diminue, l'image rétinienne *ii'* diminue proportionnellement à la distance (1). On comprend donc que l'on puisse avoir des images nettes pour toute distance de l'œil à l'image, supérieure à celle du punctum proximum de l'œil; mais on comprend aussi qu'il y a tout avantage à rapprocher l'œil pour obtenir des images aussi grandes que possible. D'où cette règle pratique qu'il faut placer l'œil le plus près possible de la loupe.

Faisons varier maintenant la distance de la loupe à l'objet.

Plus la loupe est éloignée de l'objet, plus celui-ci est près du foyer et plus l'image est grande. Il semblerait donc, au premier abord, qu'il faut écarter le plus possible la loupe de l'objet pour obtenir une image aussi grande que possible. Il n'en est rien cependant.

En effet, si l'image rétinienne devient plus grande à mesure que II' grandit, elle diminue à mesure qu'il s'éloigne. Or la diminution marche plus vite que l'augmentation,

(1) Elle diminue même plus vite, car à mesure que le cristallin s'aplatit pour s'accommoder à une distance plus grande, le point nodal postérieur de l'œil se rapproche de la rétine, en sorte que l'image rétinienne sous-tend l'angle des rayons extrêmes à une distance moindre du sommet et subit une diminution. Cette diminution est estimée à un soixantième de la dimension totale, lorsqu'on passe de l'accommodation extrême au relâchement total du cristallin.

car la formule bien connue $\frac{I}{O} = \frac{p'}{p}$ que l'on peut mettre sous la forme $I = O\frac{p'}{p}$ montre que, O étant constant, pour que I devienne 2, 3... n fois plus grand à mesure que p' devient lui-même 2, 3... n fois plus grand, il faudrait que p restât invariable. Or il n'en est pas ainsi; p varie beaucoup moins vite que p', mais dans le même sens que lui, car, pour faire grandir II', il faut éloigner la loupe de l'objet. D'autre part, plus l'image est grossie, plus elle révèle les imperfections de la lentille. Il y a donc intérêt à rapprocher le plus possible la loupe de l'objet. Mais cela a une limite, car à mesure que p diminue, p' diminue aussi, et lorsque ce dernier est devenu égal à Δ, distance minima de la vision distincte, on ne peut plus le diminuer de nouveau sans sacrifier la netteté de l'image.

On peut mettre cela sous une forme plus mathématique.

Appelons λ la distance CQ de la loupe au point nodal de l'œil, et considérons

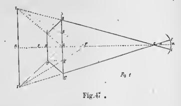


Fig. 47.

seulement la moitié de la figure située au-dessus ou au-dessous de l'axe optique Mm.

L'image rétinienne im est mesurée par la tangente de l'angle α des rayons extrêmes. Or on a $\text{tg.}\,\alpha = \frac{I}{p' + \lambda}$. Donc l'image rétinienne sera d'autant plus grande que λ sera plus petit, ce qui montre qu'il faut mettre l'œil le plus près possible de la lentille.

D'autre part, le triangle F'QH, dans lequel HQ $=$ O et QF' $= f$, est semblable au triangle F'MI, ce qui permet d'écrire :

$$\frac{I}{O} = \frac{p' + f}{f}, \text{ d'où } I = O\frac{p' + f}{f}.$$

Portant cette valeur dans l'équation précédente, nous avons

$$\text{tg.}\,\alpha = \frac{O}{f} \times \frac{p' + f}{p' + \lambda}$$

et, pour un même objet regardé avec une même lentille,

$$\text{tg.}\,\alpha = \text{constante} \times \frac{p' + f}{p' + \lambda}.$$

Faire varier p' c'est ajouter ou retrancher une même quantité aux deux termes de la fraction $\frac{p' + f}{p' + \lambda}$. Or on sait que, dans ce cas, la fraction variera dans le même

sens que p' si elle est inférieure à l'unité et en sens inverse si elle est supérieure. Ce qui montre que tg. α sera maximum lorsque p' sera minimum, tant que λ sera plus petit que f, et que ce sera l'inverse lorsque f sera plus petit que λ. A moins qu'une loupe ne soit très forte et très épaisse, λ sera plus petit que f, puisque nous plaçons l'œil tout près de la loupe, et par conséquent tg. α sera maximum lorsque p' sera minimum, c'est-à-dire lorsque $p' + \lambda$ sera égal à Δ. Cela est facile à vérifier. Si nous plaçons la loupe loin de notre œil, l'image semble augmenter à mesure que l'objet s'éloigne; si nous la plaçons tout contre l'œil, c'est l'inverse qui se produit. Il faut, pour bien observer ce second cas, que la loupe soit faible, sans quoi la différence entre λ et f est trop faible pour que le phénomène soit bien distinct.

De là résulte cette conclusion, que le myope peut voir à la loupe plus de détails que l'emmétrope; car, pouvant faire p' plus petit, il obtient tg. α plus grand. Et cependant le grossissement défini par la fraction $\frac{I}{O}$ est moindre pour lui que pour l'emmétrope; car si, dans la formule $\frac{I}{O} = \frac{p'}{p}$, on remplace p par sa valeur $p = \frac{p'f}{p'+f}$ tirée de l'équation générale $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$, il vient :

$$\frac{I}{O} = \frac{p'(p'+f)}{p'f} = \frac{p'+f}{f},$$

ce qui montre que $\frac{I}{O}$ est maximum en même temps que p'. Cela n'est d'ailleurs qu'une contradiction apparente, car le service rendu à l'emmétrope par l'instrument peut être plus grand que celui rendu au myope, sans que cependant ce dernier cesse de conserver l'avantage sur le premier.

Telle est, brièvement résumée, la question du grossissement vrai fourni par la loupe. Mais tout autre est la question de la sensation subjective du grossissement des images. La grandeur de l'image rétinienne fournie par un objet n'est, en effet, qu'un des éléments de la notion subjective de la grandeur de cet objet. Un autre élément intervient : la distance. Tous les objets sous-tendant un même angle visuel devraient paraître égaux puisqu'ils fournissent une image rétinienne égale. Nous les *sentons* cependant plus ou moins grands, parce que nous les reportons plus ou moins loin dans cet angle. C'est ainsi qu'une poupée de 15 centimètres, vue à 1 mètre, paraît plus petite qu'une femme de 1m50 vue à 10 mètres, bien qu'elle fournisse une image rétinienne égale; c'est ainsi, inversement, qu'un homme nous paraît aussi grand à 5 mètres qu'à 10 mètres. Toutes choses égales d'ailleurs, l'objet correspondant à une image rétinienne donnée est jugé 2, 3, 4... n fois plus grand, s'il est reporté à une distance 2, 3, 4... n fois plus grande. La question à résoudre maintenant est donc celle-ci : A quelle distance sont reportées les images fournies par la loupe?

On dit souvent, et l'on a écrit, qu'elles sont reportées à la distance de la vision distincte. Ainsi formulée, la chose n'a pas de sens, puisque la vision est distincte depuis 12 à 15 centimètres jusqu'à l'infini. Si l'on a en vue la distance *minima* de la vision distincte, la chose prend un sens; mais elle est fausse et dans certains cas

absurde. Nous avons vu, en effet, que, pour toute distance de l'œil à la lentille, il y a une position de l'objet, par rapport à cette dernière, qui fournit une image nette pour l'œil. Dès lors, s'il était vrai que l'image fût reportée à la distance du punctum proximum, c'est-à-dire, je suppose, à 15 centimètres en éloignant progressivement l'œil de la loupe, il arriverait toujours un moment où, en enlevant brusquement celle-ci, l'objet paraîtrait plus grand que lorsqu'on le regardait à travers la lentille. Si, par exemple, à 50 centimètres, l'image rétinienne fournie par la loupe est trois fois plus grande que celle de l'objet vu à l'œil nu, comme on la reporterait à 15 centimètres seulement, tandis que l'autre est reportée à la distance vraie, $50 > 15 \times 3$, l'image devra paraître grandir au moment où l'on enlève la loupe. Or l'expérience montre qu'il n'en est rien.

A quelle distance la reportons-nous?

Dans la vision monoculaire ordinaire, c'est-à-dire sans loupe, la distance apparente des objets à l'œil est beaucoup moins nette que dans la vision binoculaire. Les images se forment, en effet, au même point, quelle que soit la situation en profondeur de l'objet qui les fournit, et ne nous fournissent aucun renseignement direct touchant leur situation sur le rayon visuel. Indirectement nous sommes renseignés par la comparaison avec les autres objets du champ visuel, par les dimensions relatives des images et par leur grandeur apparente relativement à celle des objets qui nous sont familiers. La sensation de l'effort d'accommodation nous aide aussi à apprécier la distance; mais cet élément de jugement est faible et peu précis. Dans le cas de la loupe, s'il était seul à nous influencer, il nous ferait reporter l'image à sa distance vraie, c'est-à-dire à celle où est l'image virtuelle, puisque les rayons nous viennent en ligne droite de cette image; mais d'autres causes interviennent qui modifient notre impression. L'expérience m'a montré que nous reportons l'image à peu près à la distance où est l'objet qui la fournit. Lorsque celui-ci est placé sur une table, en même temps que le champ de la loupe, on voit à l'œil nu, tout autour de celui-ci, une zone annulaire concentrique. Or, le champ de la loupe ne paraît pas trouer la table comme cela aurait lieu si l'on reportait l'image rétinienne à la distance de l'image virtuelle; il paraît à peu près au même niveau qu'elle ou à peine un peu plus loin. Le sentiment de la continuité des parties vues dans la loupe avec leurs prolongements hors du champ de celle-ci domine l'impression moins intense et moins précise de l'effort d'accommodation et rapproche le lieu où nous reportons l'image. Ceux qui font de la loupe un usage fréquent se sont formés, sur ses images, une seconde éducation de l'œil. En touchant avec les doigts ou avec de petits instruments l'objet vu sous la loupe, ils ont peu à peu développé en eux la conviction inconsciente que l'image est superposée à l'objet. En somme, deux tendances contraires nous influencent : l'une due à la sensation de l'effort accommodatif, l'autre due à la constatation par la vue et par le toucher que l'image et l'objet ne font qu'un. La sensation résultante est sans doute un compromis entre la sensation organique et la sensation corrigée, mais beaucoup plus voisine de cette dernière que de la première, surtout chez les personnes qui dissèquent souvent sous la loupe.

Ainsi l'image vue d'un seul œil est reportée toujours en deçà de la distance vraie de l'image virtuelle, et elle est estimée toujours au-dessous de sa vraie di-

mension. Dès que l'on ouvre les deux yeux, la convergence des axes optiques fournit immédiatement un renseignement précis et intense qui domine toutes les vagues approximations précédentes; l'image est reportée à sa distance vraie, et, de ce fait, paraît grossie. Sous ce rapport la loupe agit par un effet de prisme, comme on peut s'en convaincre par l'examen de la figure 48. Les rayons partis du point N, qui, sans la loupe, feraient l'angle C_1NC_2, forment, après réfraction, l'angle plus petit C_1MC_2. Les yeux ont donc la même direction que si OO' était reculé en II'. Une expérience facile à faire permet de constater cet effet de prisme donnant une sensation de grossissement sans produire aucun grossissement réel. Lorsque vous regardez à travers un pince-nez, si celui-ci est bien placé, les rayons qui vont à la tache jaune passent par les centres des verres et ne sont point déviés. Aussi les objets nous apparaissent-ils avec leurs dimensions normales. Mais écartez fortement les verres de manière à ce que les rayons passent par leur bord interne; aussitôt les objets paraissent rapetissés si les verres sont convexes

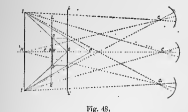


Fig. 48.

et grossis s'ils sont concaves. Si, au contraire, vous fermez à demi le pince-nez, de manière à faire passer les rayons en dehors des centres des verres, l'effet inverse se produit. Pourtant les images rétiniennes n'ont à peu près point varié. Dans la vision binoculaire à travers la loupe, les rayons allant à chaque œil passent par la partie externe d'un verre convexe et le même effet se produit. Avec un seul œil C (fig. 2), l'image est reportée dans l'angle α à la distance CP, et I_1P mesure sa grandeur apparente, tandis qu'avec les deux yeux C_1, C_2, elle est vue sous le même angle α à la distance CM, et sa grandeur apparente est représentée par IM.

Un mot encore pour déterminer les conditions dans lesquelles le concours du second œil augmente le plus les dimensions apparentes de l'image.

La figure 2 donne $\frac{IM}{I_1P} = \frac{CM}{CP} = \frac{\lambda + p'}{\lambda + p}$, car CP ne diffère pas sensiblement de CN.

Remplaçant p par sa valeur $p = \frac{p'f}{p'+f}$ tirée de l'équation générale $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$, on a

$$\frac{IM}{I_1P} = \frac{\lambda + p'}{\lambda + \frac{p'f}{p'+f}} = \frac{(\lambda + p')(p'+f)}{\lambda' p + \lambda f + p'f} = \frac{\lambda p' + \lambda f + p'f + p_2}{\lambda p' + \lambda f + p'f}$$

$$=\frac{\lambda p'+\lambda f+p'f}{\lambda p'+\lambda f+p'f}+\frac{p'_2}{\lambda p'+\lambda f+p'f}=1+\frac{p'_2}{\lambda p'+\lambda f+p'f}$$

Divisant par p'_2 les deux termes de cette dernière fraction, on a

$$\frac{\mathrm{IM}}{\mathrm{I_1P}}=1+\frac{1}{\frac{\lambda}{p'}+\frac{f}{p'}+\frac{\lambda f}{p'^2}} \text{ et enfin } \frac{\mathrm{II'}}{\mathrm{I_1I'_1}}=1+\frac{1}{\frac{\lambda}{p'}+\frac{f}{p'}+\frac{\lambda f}{p'^2}}$$

ou, si l'on préfère,

$$\mathrm{II'}=\mathrm{I_1I'_1}+\frac{\mathrm{I_1\,I'_1}}{\frac{\lambda}{p'}+\frac{f}{p'}+\frac{\lambda f}{p'^2}}$$

Ce qui montre que l'image binoculaire II' paraîtra d'autant plus grande, par rapport à l'image monoculaire $\mathrm{I_1\,I'_1}$, que λ et f seront plus petits et que p' sera plus grand. Pour voir le phénomène dans les meilleures conditions, il faudrait donc prendre une loupe à court foyer, éloigner l'objet le plus possible de la lentille et placer celle-ci tout près de l'œil; et, comme p' ne peut être grand que si la distance de la vision distincte est grande, si l'on est myope, il faut mettre ses lunettes.

La distance p' étant illimitée lorsque la vue est normale, le dénominateur $\frac{\lambda}{p'}+\frac{f}{p'}+\frac{\lambda f}{p'^2}$ peut deviner aussi faible que l'on veut, et la somme

$$1+\frac{1}{\frac{\lambda}{p'}+\frac{f}{p'}+\frac{\lambda f}{p'^2}}$$

aussi grande que l'on veut. Le rapport $\frac{\mathrm{II'}}{\mathrm{I_1I'_1}}$ peut donc devenir égal à $+\infty$. En réalité, il n'en est pas ainsi parce que l'on ne superpose l'image subjective à l'image virtuelle que lorsque la distance de celle-ci à l'œil n'est pas trop grande. Lorsque l'image virtuelle devient très éloignée de l'œil, le sentiment de la réalité des choses s'oppose à ce que l'image subjective, qui, pour nous, représente l'objet, soit jugée très loin de lui. Là, comme dans le cas de la vision monoculaire, il s'établit un compromis entre la sensation organique résultant de la direction des axes optiques et la sensation corrigée par l'expérience. En fait, l'image binoculaire paraît au plus double de l'image monoculaire, ce qui est déjà un résultat bien remarquable dans des phénomènes de cette nature.

Conclusion. — L'image fournie par la loupe dans la vision monoculaire est reportée à peu près à la distance où est l'objet qui la fournit, et, par conséquent, moins loin que n'est l'image virtuelle fournie par le tracé graphique; elle est jugée plus petite et plus rapprochée qu'elle n'est en réalité. Dans la vision binoculaire à travers la loupe, l'image semble plus éloignée et plus grande; elle coïncide avec l'image virtuelle en grandeur et en situation tant que celle-ci n'est pas située à une distance de l'œil plus grande que le double environ de la distance de l'œil à l'objet. Au delà de cette limite, l'image subjective cesse de grandir et de s'éloigner, bien que l'image virtuelle continue à grandir et à s'éloigner au delà de toute limite.

VII

TRAVAUX DE PHILOSOPHIE BIOLOGIQUE

Essai sur la théorie du rêve.

Si certaines questions relatives au problème du rêve ont été déjà élucidées, à la suite d'une grande quantité d'observations; si, notamment, il n'est pas douteux que les impressions et les idées de la vie réelle ne soient la source de nos rêves, il en est d'autres qui n'ont point été résolues et qui même paraissent n'avoir guère attiré l'attention : telle est en particulier celle de savoir comment nous faisons un choix entre les pensées ou sentiments si divers qui nous ont occupé à l'état de veille, pourquoi rêvons-nous de ceci et non pas de cela?

1). Tout d'abord, de quoi ne rêvons-nous pas? Mes observations sur moi-même, ainsi que les enquêtes que j'ai pu faire auprès d'observateurs éclairés et prudents, m'ont amené à cette conclusion singulière contre laquelle j'étais près de me révolter : *en règle générale, les idées qui ont obsédé l'esprit pendant la veille ne reviennent pas en rêve.* Cette constatation, que je consolidai autant qu'il était nécessaire, fut le point de départ de mes recherche sur cette question, et reste l'idée maîtresse de la présente étude. On ne rêve généralement des événements importants de l'existence que lorsque l'époque où ils préoccupaient l'esprit à un haut degré s'est éloignée. Plus encore ici que dans le travail dont ceci est le résumé, je dois renoncer à énumérer les preuves, très décisives pour moi, de cette assertion et prier mes lecteurs de me croire quelque peu sur parole. Je veux cependant citer un exemple, parfaitement significatif parce qu'il résume tous les autres. Voici la note textuelle que m'écrivait un ami, M. J. : « A l'occasion de certains anniversaires doux et tristes, après avoir toute la journée concentré ma pensée sur une personne ou sur un fait, il m'est arrivé, *afin d'y rêver la nuit*, de m'y absorber d'une façon encore plus

intense durant la soirée. Je n'y ai jamais réussi. » Bien entendu j'ai fait, ainsi que d'autres personnes, la même tentative avec tout aussi peu de succès.

II). Mais alors, de quoi rêvons-nous? Sans doute les impressions perçues pendant le sommeil forment une première catégorie bien tranchée de causes déterminant nos rêves. Mais les rêves de cette sorte, précisément parce qu'ils s'expliquent d'eux-mêmes, n'ont ici qu'un intérêt secondaire. Ce que nous cherchons, c'est la cause des rêves en apparence spontanés. D'abord quelle est la trame des rêves, telle qu'on arrive à la reconstituer dès le réveil, avant même d'ouvrir les yeux? C'est une série de tableaux, empruntés aux souvenirs de la vie réelle, et reliés d'une façon soit naturelle, soit bien plus souvent écourtée, absurde même, par suite d'un travail cérébral particulier, soustrait au contrôle de notre raison. Lorsque nous parvenons, ce qui n'est pas toujours possible, à rattacher chacun de ces matériaux du rêve à un fait déterminé de la vie réelle, nous le voyons caractérisé d'une façon bien inattendue. Ce que nous utilisons ainsi dans le rêve, ce sont des impressions souvent fortes, mais qui ont frappé nos sens plus vivement que notre esprit et dont notre attention a été plus ou moins vite détournée. Ce dont nous rêvons, c'est donc du menu fait à peine aperçu; c'est encore sans doute de l'idée obsédante, mais que nous avons tout fait pour écarter. C'est, d'une part, de ce que nous n'aurions jamais pensé revoir en rêve; c'est, d'autre part, de ce dont nous aurions précisément redouté de rêver.

Si même, dans le premier cas, l'état de distraction de notre esprit se trouvait poussé assez loin, il se peut que l'impression ait été tout à fait inconsciente, au point de ne laisser, à l'état de veille, aucune trace dans le souvenir. Telle est l'origine des rêves qui paraissent spontanés et formés de toutes pièces.

Telle est notamment, pour ne rapporter ici qu'un seul fait concret, la cause du rêve de ce médecin de mes amis qui, avant de se coucher, n'a aperçu que tout à fait distraitement une dépêche glissée sous sa porte. Mais, la nuit suivante, son cerveau travaille sur ce fait, et mon ami rêve d'une grave maladie de son père, parce que les télégrammes sont trop souvent les messagers des pires nouvelles, comme c'était le cas dans la circonstance. Nous pouvons résumer dans la règle suivante toute la série d'observations que je ne fais ici que rappeler : *Une impression a d'autant plus de chances de provoquer un rêve qu'elle a été moins consciente et plus vive.*

III). Maintenant que nous avons répondu à cette double question : de quoi ne rêvons-nous pas, et de quoi rêvons-nous, nous allons, par l'intermédiaire de quelques rapides réflexions sur le mode d'enchaînement de nos impressions et de nos idées, pouvoir esquisser une théorie du rêve.

Autant qu'on peut caractériser, pour ainsi dire du dehors, une série de phénomènes encore si mystérieux, nous savons que la sensation, perçue, reconnue, éveille une série d'idées qui lui sont rattachées par des liens variés.

A ces idées, avec leur cortège de sentiments, viennent s'en associer d'autres, également parentes des précédentes, et ainsi de suite. L'idée première se multiplie ainsi, mais en s'affaiblissant par degrés, et, après des irrégularités et des alternances diverses, épuise peu à peu son énergie. Mais jamais, on peut le dire, une idée se parcourt ainsi le cycle complet de son développement, sans être refoulée par quelque autre, survenue à la traverse. Il en est de même des nouvelles venues et toutes ensemble interfèrent avec inhibition ou renforcement, suivant le sens de la rencontre. Après le passage de l'onde parasite, la première peut retrouver sa force, comme une substance élastique qui se gonfle dès qu'on cesse de la comprimer.

Mais, à l'état de veille, c'est en foule innombrable que surgissent à chaque instant les impressions nouvelles. Combien, parmi elles, se trouvent à jamais reléguées dans l'oubli.

C'est parmi toutes ces idées *inachevées* que le cerveau va puiser pendant le sommeil, lorsque la source des impressions nouvelles est momentanément arrêtée. Comment y pense-t-il? nous y avons répondu plus haut : ce sont les idées le plus inachevées, celles qui par suite ont conservé le plus d'élasticité, qui se réveillent ainsi. Parvenues au point où elles reprennent le cours de leurs enchaînements, avec la vivacité, la rapidité de l'idéation, et la déformation des images qui caractérisent l'état de rêve, il suffit que ces impressions possèdent encore une énergie suffisante. Peu importe qu'elles constituent le reste, presque intact, d'une impression très faible, ou qu'elles ne soient qu'un résidu, relativement bien humble, de ce qui avait été naguère une émotion forte, ou même une idée fixe presque impossible à chasser.

IV). Avec cette considération essentielle je pense avoir répondu par avance aux objections inévitables de nos lecteurs. Sans doute, il est arrivé à presque tous de voir reparaître en songe les pensées les plus absorbantes de l'état de veille, au point de redouter l'heure d'un sommeil aussi pé-

nible que la réalité. Mais comprenons bien qu'une idée, nous eût-elle préoccupé des journées entières, si son énergie était fort supérieure à la dépense qui s'en est faite, elle peut et doit nous hanter encore en rêve.

Comprenons aussi que ce sont surtout les idées tristes et pénibles, celles que, à cause de leur force même, nous avons fait le plus d'efforts pour contrecarrer, qui auront été par nous le plus gênées dans leur développement naturel. Quant aux idées que nous retenons avec un intérêt passionné, elles auront, le soir, largement dépensé leur énergie et ne reviendront pas en rêve.

L'idée qui sert de thème au rêve peut nous paraître épuisée depuis longtemps; mais on réussit parfois à retrouver le fait nouveau qui, par l'association la plus subtile et la plus imprévue, a évoqué le tableau, et rendu l'énergie suffisante à l'impression ancienne. Le tableau nous semblerait-il enfin une production spontanée de notre cerveau, qu'il ne serait pas autre chose qu'un *souvenir inconscient*.

V). Ne méconnaissons pas, cependant, ce qui, dans toutes ces petites scènes de nos rêves, appartient à l'activité actuelle de notre imagination. Cela est indubitable quand nous faisons accomplir aux personnages évoqués par notre souvenir, toute une série d'actes logiquement enchaînés, quoique parfaitement imaginaires. Ce n'est pas là une suite de visions subies, c'est bien de la pensée en rêve, pensée souvent absurde, parce qu'elle est affranchie du frein de la raison, mais pensée délivrée aussi de tous les contrepoids manifestes dans l'état de veille et objectivée avec une force que notre volonté consciente serait impuissante à lui donner.

Un facteur encore intervient, qui, selon le concours des circonstances, apporte à l'une ou l'autre de nos impressions renaissantes un renfort important. Ce sont les vagues impressions que perçoivent nos sens alourdis, les sensations confuses venues de nos viscères. Le tout se superpose en scènes dont les éléments réels peuvent devenir méconnaissables.

VI). Voulons-nous, pour terminer, puiser dans les réflexions qui précèdent une prophylaxie du cauchemar, et chercher quelque moyen d'écarter de notre sommeil la vision terrifiante, qui peut nous être devenue habituelle? Si nous repoussons l'obsession, nous lui conservons les forces dont elle usera pour nous accabler, bien plus, nous entretenons dans notre esprit le trouble favorable au cauchemar.

C'est tout le contraire qu'il faut faire.

Accueillez l'idée effrayante, guidez-la dans tous ses développements,

à travers toutes les péripéties du drame prévu, épuisez son énergie, tandis que vous resterez vous-même indifférent ou moqueur.

En résumé, nos impressions sont des accumulateurs d'énergie. Si nous craignons leur fluide, il est prudent à nous de les décharger avant de nous endormir.

La conception polyzoïque des êtres.

Doit-on considérer les êtres polycellulaires comme des individualités simples, des personnes indécomposables, ou comme des agrégats, des colonies d'individualités d'ordre inférieur? C'est cette dernière hypothèse qui est soutenue par presque tous les zoologistes.

Quels sont d'abord les arguments de ceux qui pensent que les Métazoaires sont des colonies, en un mot des partisans de la théorie coloniale? Les Métazoaires sont une *colonie de cellules*, mais aussi une *colonie d'anneaux :* l'Annélide est une colonie de zoonites qui sont eux-mêmes des colonies de Protozoaires. Le Métazoaire se constitue par un processus de complications progressives : les cellules (Individualités de premier ordre) s'associent en colonies (individualités de deuxième ordre) qui s'associent en individualités de troisième ordre (zoïdes) et les zoïdes eux-mêmes peuvent se grouper en individualités d'ordre supérieur.

En réalité, la théorie coloniale, si séduisante qu'elle paraisse être au premier abord, n'est qu'une généralisation et une extension illégitime à l'ensemble du règne animal de faits vrais, mais exceptionnels. L'Insecte n'est pas une colonie de trois personnes : sa tête, son thorax et son abdomen ne sont pas des individus. Les *Salpes*, les *Scyphostomes*, le *Microstoma lineare*, etc., sont incontestablement des colonies temporaires. Mais le Cestode n'est pas une colonie d'anneaux : le scolex est bien la partie antérieure du corps, mais les Proglottis ne sont que des parties mortes ou mourantes renfermant des œufs et devant être expulsées. — Les Polychètes sont le dernier rempart de la théorie coloniale. Or, chez eux, la Trochophore n'est pas une larve bourgeonnant des individus, mais un être complet, composé d'une tête, d'un pygidium et d'un segment intermédiaire. C'est aux dépens de ce segment intermédiaire que se fait la segmentation : donc les segments ainsi produits ne sont pas équivalents à la tête et au pygidium. Quant au bourgeonnement des *Syllidiens* et *Myrianides*, ce ne sont que des faits de scissiparité avec régénération des parties manquantes.

Si, au point de vue ontogénétique, la théorie coloniale ne saurait être ad-

mise, au point de vue philogénétique il en est de même. La segmentation des Annélides n'est pas une scission inachevée, mais plus probablement un plissement déterminé par des causes mécaniques (natation par mouvements ondulatoires), plissement qui a déterminé la séparation des sacs mésodermiques. En dehors des Tuniciers et des Cœlentérés, il n'y a de colonies nulle part. Le corps des Métazoaires est simple. La répétition des parties disposées le long de l'axe du corps n'est qu'un trait d'organisation, déterminé par des influcnces biomécaniques, mais ce n'est pas un fait de polyzoïsme.

Le Métazoaire n'est pas davantage une colonie de cellules. Je pense avec Whitman et Sedgwick qu'il constitue une individualité homologue à une cellule, ayant multiplé ses noyaux pour répondre à des nécessités d'accroissements et à des différenciations locales, et ayant secondairement établi des cloisons entre les noyaux. La bouche du Protozoaire est l'homologue de la bouche du Métazoaire.

Un exemple remarquable en est fourni par la *Salinella salve* découverte par Frenzel dans les salines de Córdoba. A l'état adulte, c'est un Métazoaire polycellulaire; à l'état jeune, c'est une cellule, mais qui présente les mêmes différenciations que l'adulte.

En résumé : la plupart des êtres constituent des êtres simples, des personnes indécomposables, des individualités.

La question du polyzoïsme et la définition de l'individu.

Quelqu'un m'ayant reproché, à propos de l'article précédent, de ne pas avoir défini les mots individualités, individus, colonies, je répondis que je n'avais pas voulu discuter le sens métaphysique du mot individu, la définition de ce mot n'ayant aucun intérêt dans la question, puisque tout le monde s'entend sur les idées qu'il exprime.

Une science nouvelle : la Biomécanique.

On commence à savoir le *comment* de l'ontogénèse, de la différenciation anatomique et histologique, on ignore le *pourquoi*. Or ce *pourquoi*, jusqu'ici presque tous les savants le cherchent dans la *prédétermination des caractères*. Mais cette théorie est condamnée par les faits; l'hérédité n'est qu'une catégorie de phénomènes, mais n'explique rien. Il n'y a pas de

germes prédestinés ou de tendances héréditaires, il n'y a que des forces influant sur l'arrangement des cellules et leur détermination histologique.

Ce sont d'abord les *facteurs de la différenciation anatomique :* les tropismes et les tactismes, c'est-à-dire les déplacements des cellules ou des parties de cellules sous l'influence des agents mécaniques, physiques, chimiques, physiologiques : ce sont, suivant notre expression, tous les *biotactimes*.

Puis ce sont les *facteurs de la différenciation histologique*, et en particulier l'excitation fonctionnelle : chaque cellule, chaque élément se développe dans le sens où il travaille. Il n'y a pas de germes prédestinés, ni de tendances héréditaires; il y a une *mécanique du développement*, « Entwickelungsmechanik », suivant le terme de Roux, *une Biomécanique*, suivant le mot que j'ai proposé; c'est-à-dire des forces *actuelles*, toutes réductibles à des effets mécaniques.

VIII

TRAVAUX DIVERS. — INSTRUMENTS

Les Mollusques d'après Aristote.

En collaboration avec M. N.-Ch. Apostolidès, je signale en quelques pages les principales connaissances qu'Aristote avait pu se procurer sur la constitution des animaux, notions fragmentaires sans doute, mais extraordinaires encore, si l'on pense que cet homme, privé de tous les moyens d'observation que nous trouvons aujourd'hui dans nos laboratoires, ne pouvait même pas s'aider d'un verre grossissant. Pour ne parler que des Mollusques, n'est-il pas surprenant qu'il ait connu l'hectocotyle et ses fonctions, la nature et le siège de l'organe qui sécrète la pourpre, les principaux faits de l'anatomie des Céphalopodes, des Gastéropodes et des Ascidies, et qu'il ait pu faire de leurs mœurs une étude où plus d'un zoologiste trouverait à apprendre encore aujourd'hui? Sur la morphologie elle-même, était-il si loin en arrière de nous, alors qu'il y a plus de vingt siècles il a énoncé la loi de courbure en U du tube digestif des Céphalopodes et des Gastéropodes supérieurs, et a su en tirer de remarquable conclusions sur la cause de la situation anormale des pieds chez les premiers? N'est-il pas merveilleux de le voir, sans le secours de la physique ou de la chimie, distinguer le rôle des diverses parties de l'estomac, et assimiler parfaitement à la panse ou à la caillette des ruminants les portions analogues qui se trouvent chez le Poulpe?

Sans entrer ici dans de plus longs détails sur les découvertes anatomiques et physiologiques d'Aristote, je rappellerai quelques principes de sa classification. Il appelait *Mollusques* les Céphalopodes seulement, et rangeait dans un grand groupe, celui des *Ostracodermes*, c'est-à-dire des Testacés, les Gastéropodes, Acéphales, Tuniciers, avec, en outre, les Actinies, les Oursins et les Éponges. Pour ceux qui sont, comme les Actinies, complètement

mous, il considérait le support de l'animal comme tenant lieu do squelette externe.

Sur une curieuse observation de feu Saint-Elme.

Il s'agit d'un feu Saint-Elme que j'ai observé de près, à Langrune, et dont j'ai pu même prendre une flamme au bout de mon doigt. J'ai noté les conditions météorologiques concomitantes.

Sur le mode d'action de la lymphe de Koch.

Dans les premiers temps qui suivirent l'apparition du remède (alors secret), bien des personnes avaient pensé qu'il constituait un vaccin chimique. J'ai montré que ce liquide, toutes réservos faites sur son action curative ou sur son importance comme agent de diagnostic, n'était pas et même ne pouvait être un vaccin de la tuberculose, et que d'autre part son action dans cette maladie reposait sur un principe tout différent de celui du traitement pastorien des maladies virulentes.

Sur quelques perfectionnements nouveaux apportés à la partie mécanique du microscope.

Ces perfectionnements portent principalement sur le revolver et sur le montage du condensateur et du diaphragme iris qui ont été construits et disposés de telle sorte que leur réglage se fasse à volonté pendant l'observation. Quels que soient les objectifs que l'on emploie, il devient facile avec les dispositions nouvelles de passer du chercheur à l'analyseur sans que l'objet paraisse se déplacer dans le champ.

Une platine nouvelle manœuvrable d'une seule main dans deux sens rectangulaires et munie de deux règles divisées avec verniers permet de retrouver sans peine les points intéressants des préparations. Un capuchon d'oculaire très hermétique et tout petit remplace les rideaux et écrans si encombrants. Enfin j'ai montré les avantages que l'on pouvait tirer, même pour les forts grossissements, d'un oculaire à grand champ montrant une surface six fois plus grande que les oculaires de même grossissement. J'espère, grâce à un perfectionnement nouveau, donner à cet oculaire une qualité de définition que lui manque encore.

Compresseur nouveau à pression régulière et à retournement.

J'ai imaginé cet instrument pour remédier à certains défauts des compresseurs anciens. Ici, la glace inférieure est remplacée par un verre mince, ce qui permet de retourner l'instrument et d'examiner les deux faces même avec les plus forts grossissements; l'un des verres est monté sur des tourillons très mobiles de manière à rendre la compression égale sur tous les points, quelle que soit la forme de l'objet; enfin, la vis agit par l'intermédiaire d'un plan incliné, ce qui rend la compression aussi ménagée qu'on le désire.

IX

OUVRAGES GÉNÉRAUX

Structure du Protoplasma, Hérédité et grands problèmes de la Biologie générale.

Un livre de ce genre ne saurait s'analyser.

J'ai fait connaître dans la première partie de cette notice, par des extraits de la préface, l'esprit dans lequel il a été conçu. Pour donner ici une idée de ce qu'il est, je prendrai pour guide la table de l'ouvrage.

Il est divisé en quatre parties : 1° *Les faits* (298 pages), 2° *Les théories particulières* (105 pages), 3° les *Théories générales* (334 pages), 4° la *Théorie des causes actuelles* exposant les vues de l'auteur sur les questions discutées dans cet ouvrage (104 pages). La première partie, Les faits, est elle-même divisée en trois livres : *La cellule*, *L'individu*, *La race*.

Le livre de *La cellule* est un exposé détaillé de nos connaissances sur la structure, la physiologie et la reproduction de cet élément de tous les organismes. Il comprend naturellement l'exposé de tout ce qu'on sait sur la structure du protoplasma, point particulièrement important, car la structure observée ou hypothétique du protoplasma est la base de certaines théories et des plus importantes, où l'on cherche à *déduire* de cette structure l'explication des phénomènes de la vie (théories de Nægeli, de Weismann etc.).

Voici comment est comprise la division de ce premier livre :

Ire PARTIE. — LES FAITS

LIVRE I. — LA CELLULE

Chapitre I. — CONSTITUTION DE LA CELLULE.

1. La membrane.
2. Le cytoplasme.

Le deuxième livre, *L'individu*, concerne l'étude des processus biologiques généraux qui peuvent se rencontrer dans la vie de l'individu.

Ici encore, un extrait de la table en dira plus que de longues phrases :

LIVRE II. — L'INDIVIDU

CHAPITRE I. — LA RÉGÉNÉRATION.

A. LA REGÉNÉRATION RÉGULIÈRE.

B. LA RÉCÉNERATION ACCIDENTELLE.

La Régénération réciproque.
L'Hétéromorphose.
La Postgénération.

C. RÈCLES CÉNÉRALES DE LA RÉGÉNERATION.

CHAPITRE II. — LA GREFFE.

La Cicatrisation.
La Greffe.

CHAPITRE III. — LA GÉNÉRATION.

A. LA MULTIPLICATION.

1. SCISSIPARITÉ.
2. GEMMIPARITÉ.

B. LA REPRODUCTION.

1. REPRODUCTION ASEXUELLE PAR SPORES.
2. REPRODUCTION DEMI-SEXUELLE PAR CONJUGAISON.

a) **Conjugaison totale.**
Isogamie.
Hétérogamie.
b) — **nucléaire.**

3. REPRODUCTION SEXUELLE PAR ÉLÉMENTS MALES ET FEMELLES DIFFERENCIÉS.

a) **Préparation et Maturation des produits sexuels.**
a. Spermatogénèse et Spermatozoïde.
b. Ovogénèse et œuf mûr.
c. Réduction chromatique.
d. Modifications cytoplasmiques.

b) **Fécondation.**
a) Fécondation normale.
b) Polyspermie.
c) Fécondation partielle.
d) Pseudogamie.

4. PARTHÉNOGENÈSE.

CHAPITRE IV. — L'ONTOGÉNÈSE.

La Différenciation histologique.
— *anatomique.*

LA GRANDE LOI BIOGÉNÉTIQUE.

CHAPITRE V. — LA MÉTAMORPHOSE ET L'ALTERNANCE DES GÉNÉRATIONS.

A. LA MÉTAMORPHOSE.

B. L'ALTERNANCE DES GÉNÉRATIONS.

α) *Alternance avec la Multiplication par Scission.*
β) — — — *Bourgeonnement.*
γ) — — *Reproduction asexuelle par spores.*
δ) — — *Reproduction sexuelle parthénogénétique.*
ε) — — *une autre sorte de Reproduction.*

Chapitre VI. — LE SEXE ET LES CARACTÈRES SEXUELS SECONDAIRES.

α) *Le sexe.*
β) *Les caractères sexuels secondaires.*

Chapitre VII. — LES CARACTÈRES LATENTS.

Chapitre VIII. — LA TÉRATOGÉNÈSE.

Chapitre IX. — LA CORRÉLATION.

Chapitre X. — LA MORT ET LA CONTINUITÉ DE LA VIE. — LE PLASMA GERMINATIF.

Continuité du plasma germinatif.

Le troisième livre, enfin, concerne *la race*, c'est-à-dire, en prenant ce terme dans son acception la plus large, l'individu considéré non plus en lui-même, mais dans ses rapports avec les autres individus de son espèce et avec les conditions ambiantes.

A ce point de vue nous constatons deux grands faits.

Le premier grand fait est que l'être se reproduit semblable à lui-même par la génération, qu'il transmet à ses descendants ses caractères, soit ceux qu'il possède en propre, soit ceux qu'il tient de ses ancêtres : c'est l'*Hérédité*. Et ici se place avec les plus grosses questions qui aient jamais agité et divisé les naturalistes, celle de l'*Hérédité des caractères acquis*. D'une part en effet, l'on sait qu'un amputé fait des enfants qui ont leurs quatre membres, et que même l'amputation méthodique d'une même partie pendant de nombreuses générations successives ne suffit pas à rendre le caractère héréditaire (chiens, chats, rats à queue coupée expérimentalement, prépuce de juifs et de mahométans, hymen des vierges) ; d'autre part, la conviction régnante est que certaines maladies acquises, scrofule, tuberculose, goutte, folie, etc. sont transmissibles, qu'il en est de même pour des particularités diverses : force musculaire, aptitude musicale, etc. etc. ; enfin, sans l'hérédité des caractères acquis, l'adaptation progressive des races au milieu devient à peu près incompréhensible. Et cependant, si au lieu de se contenter de vagues indications on soumet l'examen des faits et des arguments à une critique rigoureuse, on con-

state que rien ne démontre l'hérédité des caractères acquis. Aujourd'hui, cette hérédité est niée par nombre de naturalistes et des plus autorisés. Cette grave question est exposée avec tout le soin qu'elle mérite. Voici la table de ce chapitre :

LIVRE III. — LA RACE

α) *Atavisme de famille.*
β) *Atavisme de race.*
γ) *Atavisme tératologique.*
b) **Dans les unions consanguines.**
c) **Dans le Croisement.**
a) Conditions de possibilité du croisement.
b) Caractères des Hybrides et des Métis en tant que produits de croisement.
α) *Vigueur et fécondité.*
β) *Tendances ataviques et tératologiques.*
c) Caractères des produits de croisement par rapport aux parents.
3. Dans la greffe.
a) **Influence du Porte-greffe sur le Greffon.**
b) **Hybrides de greffe.**

Le second grand fait concernant la race telle que nous l'avons définie, c'est que l'individu se reproduit, *semblable* mais *non identique* à lui-même : d'où *la variation* dont l'étude forme le second chapitre de ce livre, où sont étudiées ses modes, ses causes et ses règles, comme l'indique la table :

Chapitre II. — LA VARIATION.

A. SES MODES ET SES SORTES.
a) **Variation lente.**
b) **Variation brusque ou discontinue.**
c) **Variation indépendante.**
d) **Variation corrélative.**
e) **Variation parallèle.**
f) **Variation de nombre et de position des parties similaires.**
g) **Variation de taille, de couleur et de forme.**

B. SES CAUSES.
a) **Variation spontanée.**
b) **Variation sous l'influence des conditions de vie.**
Climat.
Espace.
Alimentation.
Substances chimiques introduites dans l'organisme.
c) **La Dichogénie.**
d) **Influence de la Génération sur la Variation.**
a) Dans la Génération asexuelle. Variation par bourgeons.
b) Dans l'Amphimixie.

C. SES RÈGLES.

Enfin, la variation *peut* conduire à la formation des espèces, soit par majoration lente, soit par fixation de la variation brusque. Puis vient la question de savoir dans quelles mesures les espèces ainsi formées sont solides et si une régression fatale ne doit pas détruire ce qui a été commencé. D'où la division suivante :

Ce chapitre paraît bien petit pour une si grosse question. Mais n'oublions pas que nous sommes dans la partie de l'ouvrage qui concerne LES FAITS et qu'ici, si les théories sont immenses en nombre et en volume, il n'en est pas de même des faits qui sont leur base.

La deuxième partie : THÉORIES PARTICULIÈRES, est destinée à l'examen de théories dont quelques-unes sont de première importance et peuvent être fort étendues, mais qui ne visent qu'un point particulier et n'ont point la prétention de présenter un système complet, une vue d'ensemble de toutes les questions de la biologie. — Ici encore, une reproduction de la table remplacera avantageusement toutes les explications que je pourrais donner.

IIe PARTIE. — LES THÉORIES PARTICULIÈRES

La troisième partie, les Théories générales, concerne au contraire les vues d'ensemble, les théories qui expliquent ou plutôt ont la prétention d'expliquer la vie elle-même avec toutes ses manifestations. Et j'y ai joint, à celles qui justifient ce titre ou du moins leur prétention à ce titre par l'examen successif de tous les grands problèmes de la Biologie, quelques théories beaucoup plus incomplètes, mais qui se rattachent à la même catégorie par le fait qu'elles attaquent le problème général par sa base, le plus souvent par l'établissement d'une structure hypothétique du protoplasma d'où découlerait l'explication de la vie et de ses manifestations.

J'ai divisé les théories générales en quatre groupes, dont deux n'ont plus qu'une valeur historique : l'*Animisme,* de Platon à l'École de Montpellier, et l'*Évolutionisme,* avec la querelle des ovistes et des spermatistes. La troisième est le *Micromérisme :* c'est un terme que je propose pour réunir toutes les théories qui ont pour base l'admission de *particules initiales* que l'on doue de propriétés primitives, d'où doivent découler toutes les propriétés constatées chez les organismes. Signalons ici comme particulièrement importantes les théories de Spencer, de Darwin (non son système de la descen-

dance qui est une théorie particulière, mais sa théorie de la Pangénèse), de Nægeli et surtout de Weismann.

La dernière enfin, que j'appelle l'*Organicisme*, qui commence à Descartes et se continue avec W. Roux, demande la solution du problème aux forces mécaniques (au sens le plus large de ce mot) en jeu dans l'organisme et décomposées en leurs principes élémentaires dont on cherche ensuite les diverses combinaisons manifestées (Lutte des parties dans l'organisme, Excitation fonctionnelle, Lois générales de croissance, etc., etc.). C'est à une forme spéciale de ce groupe que se rattache ma conception personnelle du problème et de sa solution.

Voici la table de cette importante partie :

IIIe PARTIE. — LES THÉORIES GÉNÉRALES

Leur classement.
(Tableau synoptique.)

I. ANIMISME.

- A. AME. Platon, Saint Augustin, van Helmont.
- B. NISUS FORMATIVUS. Blumembach, Needham.
- C. FORCE VITALE. Barthez, Bordeu, Lordat, ancienne école de Montpellier.

II. ÉVOLUTIONNISME.

- A. SPERMATISTES. Erasistrate, Diogène de Laerte, Galien, Leuwenhoek, Andry, Dalenpatius.
- B. OVISTES. Harvey, Graaf, Swammerdam, Malpighi, Bonnet, Spallanzani, de Blainville.

III. MICROMÉRISME.

I. PARTICULES UNIVERSELLES IMMORTELLES.

Buffon. *Molécules organiques.* — { Exposé. Critique.

Bechamp. *Microzymas.* — { Exposé. Critique.

II. PARTICULES SE DÉTRUISANT APRÈS LA MORT.

A. PARTICULES TOUTES DE MÊME NATURE.

1. Devant leur influence a leur polarité.

H. Spencer. *Unités physiologiques. Polarigénèse.* — { Exposé. Critique.

2. Devant leur influence a leur forme.

Haacke. *Gemmes et Gemmaires.* — { Exposé. Critique.

3. Devant leur influence a leurs mouvements vibratoires.

Dolbear. *Atomes annulaires.* — { Exposé. Critique.

Systèmes périgénistes.

Erlsberg. *Conservation des Plastidules.* { Exposé. Critique.

Heckel. *Périgénèse des Plastidules.* { Exposé. Critique.

Théories se rattachant a la Pangénèse.

His. *Propagation ondulatoire de l'excitation organogène aux circonscriptions du germe.* { Exposé. Critique.

Cope. *Cinétogénèse et Catagénèse. Bathmisme et Diplogénèse.* { Exposé. Critique.

Orr. *Action morphogène de l'habitude.* { Exposé. Critique.

Mantia.

B. PARTICULES TOUTES D'ESPÈCES DIFFÉRENTES, SE DÉTRUISANT APRÈS LA MORT.

1. Particules non représentatives.

a) **Simples molécules chimiques.**

a) actives par leurs propriétés physico-chimiques.

Hanstein. { Exposé. Critique.

Berthold. { Exposé. Critique.

b) actives par leurs propriétés chimiques seulement.

Chevreul, Geddes, Thompson, Gautier, Danilevsky.

b) **Agrégats d'ordre plus élevé.**

a) Appareils électriques.

H. Fol. *Granulations électriques.*

b) Cristallicules organiques à fonctions surtout chimiques.

Maggi. *Plastidules.*

Altmann. *Bioblastes.* { Exposé. Critique.

c) Particules initiales douées de propriétés vitales.

Wiesner. *Plasomes.* { Exposé. Critique.

2. Particules représentatives.

a) **des Plasmas ancestraux.**

Weismann. *Plasmas ancestraux* (1re théorie). { Exposé. Critique.

b) **des cellules du corps.**

Théories de la Pangénèse.

Ch. Darwin. *Pangénèse des Gemmules.* { Exposé. Critique.

Précurseurs de la Pangénèse.

Maupertuis. *Germes des organes.* { Exposé. Critique.

Érasme Darwin. *Filaments et Molécules.* { Exposé. Critique.

Variantes de la Pangénèse.

Galton. *Stirpes.* { Exposé. Critique.

Jæger. *Gemmules odorantes.* { Exposé. Critique.

Brooks. *Germes femelles, Gemmules mâles.* { Exposé. Critique.

Gaule. *Cytozoaires.*
Platt-Ball.
Hallez. *Constitution stéréométrique du Plasma germinatif.*

c) des caractères et propriétés élémentaires de l'organisme.

Nægeli. *Micelles, Idioplasma.* — Expose. Critique.
Kölliker.
H. de Vries. *Pangénèse intracellulaire, Pangènes.* — Exposé. Critique.
O. Hertwig. *Idioblastes.* — Exposé. Critique.

d) à la fois des cellules du corps et des caractères élémentaires.

Weismann. *Déterminants* (2e théorie). — Exposé. Critique.

IV. ORGANICISME.

Descartes. — Exposé. Critique.
Roux. *Autodétermination.* — Exposé. Critique.

Dans l'exposé de ces théories j'ai suivi nn plan que je ne saurais trop conseiller. Je me suis scrupuleusement abstenu de mêler la critique à l'exposé des idées de l'auteur mis sur la sellette. Je commence par prendre la thèse de ce dernier et, parlant en son nom, j'expose ses idées de la manière la plus convaincante possible et en distribuant à ma manière ses vues et ses arguments. Qu'il me soit permis, la façon dont ces analyses ont été faites ayant été critiquée par quelqu'un, de citer ici une phrase d'une lettre que m'écrivait Weismann, l'un des plus importants parmi les auteurs analysés dans cette partie : « Sie haben meine Gedanken so gut und richtig wiedegegeben, dass ich mir ein besseres Referat gar nicht wünschen kann; ja Sie haben noch durch vortreffliche eigene zuthaten meine Ansichten klar gemacht. Ich lege auf ein so ausgezeichnetes Referat um so grösserer Werth, als ich es gar oft erfahren habe, wie sehr meine Ansichten selbst von volchen missverstanden werden, welche sie bekämpften (1). »

Puis, après avoir fait ainsi, je passe à la critique où je développe librement tous mes arguments pour ou contre les vues que je viens d'exposer.

Dans la quatrième et dernière partie, je développe sous le nom de *Théorie des causes actuelles* mes vues personnelles sur les divers problèmes de la Biologie générale.

Voici la table de cette dernière partie.

(1) C'est-à-dire : Vous avez si bien et si exactement reproduit mes pensées que je ne puis en aucune façon désirer une meilleure analyse; vous avez même rendu mes idées plus claires par d'excellentes additions. J'attribue à une si parfaite analyse d'autant plus de prix que j'ai très souvent constaté combien mes idées étaient mal comprises par ceux-là mêmes qui les combattaient.

IVᵉ PARTIE. — LA THÉORIE DES CAUSES ACTUELLES

IDÉES DE L'AUTEUR.

I. COUP D'ŒIL RÉTROSPECTIF.
II. LA MÉTHODE A SUIVRE.
III. LE PROTOPLASMA.
IV. LA CELLULE.
V. LA NUTRITION DE LA CELLULE.
VI. LA DIVISION CELLULAIRE.
VII. L'ONTOGÉNÈSE.
VIII. LA FORMATION DES PRODUITS SEXUELS.
IX. LA MORTALITÉ DU CORPS ET L'IMMORTALITÉ DU GERME.
X. L'HÉRÉDITÉ.
Les caractères latents.
L'Atavisme.
La Corrélation.
XI. LA VARIATION ET SA TRANSMISSION HÉRÉDITAIRE.
2) Variation plasmatique.
α) *pendant la formation de l'œuf.*
β) *par le fait de la maturation.*
γ) *par la fécondation.*
2) Variation somatique.
a) Ses conséquences.
α) *Mutilations.*
β) *Usage et désuétude.*
γ) *Maladies.*
δ) *Conditions de vie.*
b) Sa transmission.
Mutilations.
Désuétude.
Maladies.
Conditions de vie.
XII. LA FORMATION DES ESPÈCES.
2) La variation individuelle faible ne conduit jamais à la formation des espèces nouvelles.
2) La variation individuelle forte ne conduit que très exceptionnellement à la formation des espèces nouvelles.
3) La variation générale est la vraie cause de la formation des espèces.
a) Variations générales produites par les conditions de vie.
Alimentation.
Climat.
b) Variations générales produites par l'usage et la désuétude.
Parallélisme de l'Ontogénèse et de la Phylogénèse.
XIII. L'ADAPTATION ONTOGÉNÉTIQUE ET L'ADAPTATION PHYLOGÉNÉTIQUE.
XIV. LA COMPLICATION PROGRESSIVE DES ORGANISMES.
XV. COUP D'ŒIL EN ARRIERE ET CONCLUSION.

Il serait vraiment trop long de suivre mon argumentation dans tous ses développements. Je préfère prendre seulement quelques points particuliers

et montrer par des citations la nature de mes vues. J'en prendrai deux, l'Ontogénèse et l'Hérédité.

L'ONTOGÉNÈSE

« La redistribution des parties cytoplasmiques qui se produit avant la division, et la position du plan de segmentation qui sépare ces parties en deux groupes déterminés et règle en même temps la position des deux cellules filles, tout cela est causé par les forces moléculaires, attractives ou répulsives, de ces parties : tout cela a donc sa raison d'être dans la constitution physico-chimique de la cellule avant la division.

« On peut dire, et en général on l'admet, que chaque cellule contient en elle les causes de la position de son plan de segmentation et de la distribution de ses substances aux deux cellules qui naîtront de la division. Or ce sont là les deux facteurs essentiels dont dépend la différenciation : le premier détermine la *Différenciation anatomique*, le second la *Différenciation histologique*, et il n'est aucun caractère qui ne puisse se ramener à ces deux facteurs.

« Ce principe pourrait à la rigueur expliquer à lui seul toute l'ontogénèse. L'œuf est une cellule de constitution déterminée et qui contient en lui la raison de tous les caractères des deux cellules qui naîtront de sa division. Que ces deux premiers blastomères soient identiques ou qu'ils diffèrent en ceci ou cela, peu importe, la constitution physico-chimique de l'œuf suffit pour en donner la raison. Mais ce qui est vrai pour l'œuf, l'est aussi pour ces deux premiers blastomères : ils expliquent les quatre blastomères du 3e stade et, par leur intermédiaire, l'œuf explique les quatre cellules de ce 3e stade, comme il expliquait directement les deux cellules du second. Ainsi de proche en proche, l'œuf contient et explique l'ontogénèse tout entière, avec toutes les particularités de la différenciation progressive.

« Il semble, d'après cela, que les Différenciations anatomique et histologique dépendent uniquement du sens des divisions et du partage des substances des cellules mères entre les cellules filles pendant l'ontogénèse, et que deux cellules ne sauraient donner naissance à des tissus différents si elles n'avaient hérité, en naissant, de quelque différence dans leur constitution intime.

« Presque tous les auteurs, sauf Driesch et O. Hertwig, ont compris ainsi les choses; ils ont admis que tous les caractères histologiques étaient ainsi individuellement déterminés, et c'est par cette pente qu'ils ont été conduits à imaginer des facteurs matériels distincts pour tous ces caractères (1). Les choses sont en réalité beaucoup moins compliquées. Driesch, Herbst, Godlewski, O. Hertwig, ont mon-

(1) Cet ouvrage était entièrement écrit lorsque celui de O. Hertwig (94) est parvenu à ma connaissance. J'ai dû le reprendre pour faire la place qu'il mérite à cet important travail. Dans bien des points, je m'étais rencontré avec le célèbre biologiste de Berlin, en particulier dans l'idée de la non-Prédétermination des caractères futurs dans le germe. Mais je trouve que cet auteur va beaucoup trop loin en attribuant exclusivement à des facteurs extrinsèques la Différenciation des cellules. Il me paraît impossible d'admettre que celle-ci soit fonction du lieu seulement comme il l'affirme avec Driesch. L'indifférenciation des Blastomères n'a été prouvée (et encore!) que jusqu'au stade 32 et

tré que les tropismes et tactismes jouaient un rôle décisif dans la différenciation anatomique. Et d'autre part, Roux (81) a prouvé que l'Excitation fonctionnelle et la Lutte des parties organiques jouent un rôle considérable dans la Différenciation ontogénétique, et que les caractères histologiques n'ont besoin d'être déterminés que d'une manière vague et en quelque sorte générique, les conditions ambiantes suffisant à déterminer l'espèce.

« Des cellules de constitution identique peuvent suivre une évolution toute différente selon les conditions auxquelles elles se trouvent soumises. L'exemple des pseudarthroses est tout à fait démonstratif à cet égard (1). Il suffit qu'elles soient déterminées par leur constitution interne en tant qu'éléments de la substance conjonctive, pour être capables de se différencier en fibres ligamenteuses ou aponévrotiques, en cellule cartilagineuse ou en tissu lamineux ou adipeux. Il dépend des conditions ambiantes qu'elles suivent l'une ou l'autre de ces évolutions. Mais condition ambiante ne veut pas dire ici condition extérieure à l'organisme et ne dépendant pas de lui. Dans le cas de la pseudarthrose ou des autres circonstances pathologiques il en est bien ainsi, mais dans l'évolution normale, il en est autrement. Un même élément embryonnaire de substance conjonctive pourra devenir fibre longue et forte dans le ligament temporo-maxillaire ou cellule adipeuse dans la boule de Bichat, mais il dépend de l'ordre des divisions successives et de la position des plans de segmentation qu'elle soit entraînée ici ou là et conduite à faire partie du premier de ces organes ou du second, en sorte que la condition qui détermine le sens de son évolution histologique est extérieure pour elle, mais interne par rapport à l'organisme, et dépend toujours des mêmes facteurs déjà signalés. Cela simplifie la formule de l'ontogénèse mais ne l'altère pas.

« Une autre simplification plus importante résulte de l'action morphogène des *ingesta* et des *egesta* de la nutrition. On admet en général, et Roux lui-même cède à cette tendance, que l'œuf est très peu différencié mais extraordinairement compliqué, et qu'il contient d'avance tous les éléments de la détermination ultérieure, soit sous la forme de particules représentatives, soit sous celle d'éléments chimiques. Nous avons fait justice de la première hypothèse, la seconde n'est pas plus justifiée. Il n'est pas du tout nécessaire d'admettre que l'œuf contient un peu de *toutes* les substances chimiques caractéristiques de l'organisme futur et que la différenciation histologique ne fait que séparer ces substances dans des cellules diverses où elles puissent se multiplier et devenir prédominantes ou exclusives. Certaines de ces substances peuvent prendre naissance par suite des réactions chimiques qui se produisent dans les cellules mêmes, entre leurs substances et celles que leur apporte l'osmose assimilatrice. Le travail d'approximation progressive que nous

rien ne dit qu'il n'y ait pas plus tard des divisions *hétérogènes* (erbungleich). Hertwig croit-il que dans la segmentation des Gastéropodes, par exemple, les petites cellules et les grosses pourraient se remplacer les unes les autres? Il y a là, ne fût-ce que dans le lécithe, une différence évidente entre ces deux sortes d'éléments qui n'est pas fonction du lieu seulement.

(1) On y peut joindre un autre exemple fort remarquable qu'Eimer a fait connaître. Les Mouches, après l'hivernage, avant d'avoir volé ont les muscles des ailes presque lisses. L'usage fait apparaître la striation. De là à admettre que l'usage a crée le muscle strié au moyen du muscle lisse, il n'y a qu'un pas.

avons décrit plus haut dirige en chaque point des substances *analogues* à celles qu'elles doivent remplacer, mais non identiques. Il n'y a pas seulement remplacement des substances usées et fourniture de substances identiques aux anciennes pour l'accroissement des parties, il y a formation de substances nouvelles par suite des réactions entre les *ingesta* intracellulaires et les substances déjà présentes dans la cellule. Ces substances nouvelles ne sont naturellement pas les mêmes dans des cellules différentes, en sorte qu'elles aident à la différenciation chimique qui s'accentue progressivement au cours de l'ontogénèse. Ce n'est pas là une hypothèse, ou du moins si c'en est une, elle est plus conforme aux faits d'observation que l'hypothèse inverse. Ceux qui voudraient soutenir que l'œuf contient un peu de *toutes* les substances futures de l'organisme auraient à le démontrer et cette démonstration n'a jamais été faite. D'autre part, nous savons positivement que la constitution chimique de la cellule peut varier avec la nourriture. C'est dans la cellule même que se trouve l'alcool qui imprègne le cerveau de l'alcoolique, car cet alcool s'y trouve encore après une abstinence prolongée.

« Les divers produits engendrés par l'activité du protoplasma dans des cellules spéciales, les ferments solubles, la matière sébacée, le mucus, etc. ne sont certainement pas préformés dans l'œuf; il en est de même des sécrétions morphologiques, comme la myosine, la substance fondamentale des os et du cartilage, l'élastine, etc. Pourquoi n'en serait-il pas de même de quelques-unes au moins des substances constitutives du protoplasma, de celles qui différencient le protoplasma d'une cellule nerveuse de celui d'une cellule musculaire ou conjonctive?

« La différenciation chimique ne repose pas seulement sur une séparation de parties mélangées, mais aussi, sans doute, sur une création de parties nouvelles : le premier de ces processus commence, le second accentue et achève. Cette conclusion s'étend nécessairement à la Différenciation histologique qui n'est que le résultat de la Différenciation chimique, car lorsque dans le protoplasma se sont développées les substances capables de sécréter la myosine, l'élastine, l'osséine, la chondrine, etc., le plus grand pas est fait pour la différenciation des cellules correspondantes en éléments musculaires, élastiques, osseux ou cartilagineux. On pourrait désigner ce processus sous le nom d'*Action morphogène des Ingesta.*

« Non moins grande est l'*Action morphogène des Egesta.*

« Ici encore des exemples empruntés à la pathologie vont mettre la chose en évidence.

« Tout le monde connait cette déformation particulière de la phalangette chez les phtisiques, connue sous le nom de *doigt hippocratique*. Les toxines sécrétées par le microbe spécifique, déterminent, peu importe après combien de temps et par quels intermédiaires, une forme tout à fait caractéristique d'un point déterminé de l'organisme. Seuls l'os et l'ongle sont atteints. Les autres pièces osseuses du squelette ne le sont point.

« Voilà une action morphogène indiscutable et d'une précision rigoureuse.

« Celles que produisent le rhumatisme et la syphilis, le rachitisme et la scrofule sont tout à fait de même ordre (1). Si l'on y regardait d'assez près, on trouverait,

(1) On dira que les substances sécrétées ici sont des poisons étrangers à l'organisme normal. Cela

sans doute, que la plupart des substances ont quelque influence morphogène faible mais précise. Or les produits d'excrétion de nos cellules, dont l'urée, l'acide urique, et les produits similaires, représentent les dernières transformations, sont, comme tous les poisons, des substances très actives; ils ont circulé avec le sang, avant d'être éliminés, et ont été portés par lui au contact de toutes les cellules. Ils ont pu exercer sur elles leur action, excitante ou autre, spéciale et différente pour chacune d'elles, et il semble impossible que cela n'ait pas sur leur histogénie une influence considérable. Il n'est guère douteux qu'un embryon dont le sang serait radicalement privé de tous les *excreta* qu'il élimine lentement par ses glandes, serait, à la fin de l'ontogénèse, passablement différent de ce qu'il est dans les conditions naturelles. Il en différerait sans doute autant au moins que l'enfant syphilitique de naissance, avec son faciès si caractéristique, diffère de l'enfant normal.

« Les conditions physiques intrinsèques ont aussi une action morphogène considérable.

« Il n'est pour s'en convaincre qu'à regarder l'effet de l'hypertrophie des glandes adénoïdes pharyngiennes chez les enfants. Ce n'est pas la nature de la glande qui intervient ici : toute autre tumeur d'égal volume et semblablement placée produirait le même effet. L'enfant a un faciès spécial, le nez gros, les narines épaisses, la lèvre supérieure courte et épaisse, la bouche entr'ouverte, les paupières baissées, le dos et le cou incurvés en avant, les épaules arrondies et remontées, la poitrine étroite, etc. Tout cela est l'effet de la seule gêne respiratoire.

« Si l'enfant ressemblait en naissant à un frère jumeau normal, sous l'influence de ses adénoïdes, il arrivera à différer considérablement de celui-ci. Qu'on le délivre de ses tumeurs pharyngiennes, il prendra un tout autre physique et ressaisira, en partie, sa ressemblance héréditaire.

« Ce cas est exceptionnel par son degré, mais le fait sur lequel il repose est général.

« Il n'est pas une partie dont on puisse modifier les caractères anatomiques sans que cela modifie, peu ou beaucoup, d'autres parties voisines ou éloignées. Il n'est pas une cellule qui, dans la segmentation, en prenant sa place, ne soit la cause

est vrai, aussi ne les citons-nous que comme exemples, et comme tels ils ont toute leur valeur. Mais l'organisme normal contient des glandes qui sécrètent des substances non moins actives que les produits microbiens. N'est-on pas en droit de dire que la sécrétion thyroïdienne a une action morphogène considérable, quand on voit la suppression de la glande produire les modifications somatiques si expressives du *myxœdème*, et l'injection ou même l'ingestion du suc thyroïdien de Mouton rendre à tous les organes et tissus leur physionomie normale? Pour les glandes sexuelles, les choses ne sont pas moins frappantes. Toutes les glandes ont probablement un rôle analogue plus ou moins accentué.

Mais il n'y a pas besoin qu'un organe soit glandulaire pour déverser dans le sang des *egesta* doués d'une activité morphogène.

On ne peut vivre sans encéphale, sans muscles, sans os; mais si l'on pouvait enlever à un animal sans le tuer tous ses os, tous ses muscles ou tout son encéphale, on trouverait sans doute, qu'indépendamment des effets directs de cette suppression, il s'en produit d'autres plus détournés, mais non moins importants, provenant de leur action sur le sang, auquel ils cessent d'emprunter et dans lequel ils cessent de déverser les substances spécifiques qu'ils absorbent et celles qu'ils rejettent.

d'une multitude indéfinie d'effets qui eussent été autres si elle eût pris place un peu à côté.

« Enfin les conditions ambiantes elles-mêmes, celles qui sont vraiment extérieures à l'œuf et à l'embryon, ont aussi leur rôle dans la détermination du produit. Les qualités du sang maternel, la forme de l'utérus, la température, la constitution chimique du milieu ambiant liquide ou gazeux modifieraient certainement le produit si elles venaient à être modifiées à un degré suffisant (1).

« NÆGELI se trompe lorsqu'il affirme que ces conditions sont banales et n'influent que sur la possibilité du développement sans servir en rien à la détermination de ses particularités. Tous les faits si curieux de *Dichogénie* parlent contre son affirmation. Lorsque l'on voit la feuille du *Thuja*, retournée avec le bourgeon dans lequel elle se forme, prendre à sa face inférieure les caractères histologiques que possède normalement la face supérieure, n'est-on pas autorisé à dire que la lumière qui a su faire ce changement doit savoir aussi produire la structure normale de la face supérieure, sans qu'il soit besoin de Déterminants spéciaux dans le Plasma germinatif ?

« Un grand nombre de dispositions caractéristiques des espèces sont ainsi créées, après coup, pendant le développement, par les conditions ambiantes, et l'on peut dire que toutes sont plus ou moins influencées par ces conditions.

« En somme, l'Ontogénèse n'est pas seulement le développement, la séparation, l'accentuation de tendances évolutives représentées au complet sous une forme, matérielle ou autre, dans l'œuf fécondé. Elle est, en partie cela, et en partie une formation progressive de parties et de propriétés vraiment nouvelles, et la constitution initiale de l'œuf n'est qu'une des conditions indispensables de leur production.

« *L'individu développé est le produit de nombreux facteurs tous également indispensables et importants. La constitution du Plasma germinatif n'est qu'un de ces facteurs. Les autres sont les tropismes et tactismes, l'Excitation fonctionnelle, l'action des ingesta et egesta de la nutrition et les conditions ambiantes de tout ordre.*

Le chapitre de l'Hérédité est bien trop long pour que je puisse le citer en entier. Je me contenterai de l'extrait suivant :

L'HÉRÉDITÉ

« Notre théorie change du tout au tout la conception de l'œuf et de l'ontogénèse.

« Pour presque tout le monde aujourd'hui l'œuf est une cellule extraordinaire-

(1) Il est vrai que des Lapins angoras développés dans l'utérus d'une Lapine ordinaire n'ont pas échangé leurs caractères contre ceux de cette race. Cela prouve seulement que les minimes différences dans la constitution du sang chez les deux espèces ne sont pas au nombre des facteurs de ces caractères.

Les expériences de FÉRÉ sur les œufs de Poule, de DRIESCH sur ceux de l'Oursin montrent que les conditions susdites peuvent devenir perturbatrices ; elles ont donc une influence morphogène qui doit nécessairement s'exercer aussi dans des conditions normales.

ment complexe. Sa simplicité ne serait qu'apparente. Sous l'uniformité d'aspect qui rend semblables les uns aux autres les œufs des espèces différentes, se cacheraient des différences capitales et, en réalité, l'œuf d'une Femme et celui d'une Chienne différeraient autant que les adultes. L'ontogénèse serait une décomplication progressive, proportionnelle aux progrès de la différenciation. Si l'on, découpe dans diverses courbes (circonférences, ellipses, paraboles, hyperboles, hélices, spirales, etc.) un segment d'un millième de millimètre de longueur, tous ces segments sembleront identiques même à l'œil armé du meilleur microscope. Ils n'en seront pas moins aussi différents en réalité que les courbes elles-mêmes dont ils proviennent, car ils renferment en eux chacun l'équation complète de la sienne. Dans les théories en honneur aujourd'hui, ces petits fragments si différents malgré leur uniformité apparente seraient l'image des œufs. Les œufs engendreraient les adultes par le simple déclanchement de leurs forces évolutives, comme ces fragments de courbe engendreraient les courbes complètes s'ils étaient doués de la faculté de grandir.

« Cette assimilation est fausse, car l'œuf ne contient pas en lui toutes ses conditions évolutives comme le fragment de courbe contient l'équation de la courbe entière. Un grand nombre de ses conditions sont extérieures à lui. Il est comme un astre lancé par une force initiale au milieu d'un système d'astres en mouvement. La trajectoire de celui-ci sera influencée et déterminée par tous les astres dont il traversera la sphère d'action, et cependant, si quelque chose eût été changé dans sa masse ou dans son mouvement initial, elle n'eût pas été ce qu'elle est. Elle n'est point dépendante de lui seul, mais en aucun point elle n'est indépendante de lui. Toute autre masse semblable, lancée au même point, avec la même force dans la même direction, reproduira une trajectoire identique à la sienne; mais toute différence même minime dans l'un ou l'autre de ces trois facteurs pourra amener des différences considérables dans la forme de cette courbe.

« Il en est de même de l'œuf. Pour nous, il est relativement simple, beaucoup plus semblable, d'une espèce à l'autre, que ne sont les organes de celles-ci; et il s'en faut de beaucoup qu'il contienne en lui, déterminés à l'avance, tous les éléments de son évolution. Le plus grand nombre est en dehors de lui et il les rencontrera ou les fabriquera en route; mais sa constitution physico-chimique est extrêmement précise et la moindre différence sous ce rapport est forcément amplifiée dans des proportions considérables par la Différenciation ontogénétique et peut conduire aux différences considérables qui existent entre les adultes issus des œufs différents.

« Mais, en réduisant les choses à une telle simplicité, ne s'enlève-t-on pas tous les avantages que les autres avaient cherchés dans une complication invraisemblable? S'il n'y a pas dans le Plasma germinatif de particules distinctes pour représenter chaque partie, chaque caractère, de chaque ancêtre, comment se fait-il que ces parties ou ces caractères puissent, à un moment donné, reparaître identiques? Comment, en un mot, expliquer l'*Hérédité* avec sa variabilité et sa précision aussi décevantes l'une que l'autre?

« Si cela paraît impossible, c'est simplement parce que tout le monde s'est fait jusqu'ici de l'Hérédité une idée exagérée et inexacte.

« L'Hérédité ne semble si difficile à expliquer que parce que l'on met sur son compte une multitude de choses qui ne lui appartienent pas, et parce que l'on veut trouver dans le Plasma germinatif tous les éléments de la détermination des caractères tandis qu'il n'en contient qu'une faible partie.

« Voici un Bourbon qui transmet à tous ses enfants, légitimes ou bâtards, et quelle que soit leur mère, le nez caractéristique de sa race : vous en concluez que ce nez doit être représenté dans son spermatozoïde par quelque particule spécialement destinée à le représenter.

« Je ne vois pas que cela soit nécessaire.

« Voici un fils qui montre, dès son enfance, les penchants et les goûts de son père, souffre des mêmes maladies, arrive enfin à se suicider au même âge, pour un même motif : vous voyez là l'influence d'une *Force héréditaire* invincible qui a plané sur son évolution, dirigé ses destinées.

« Cela ne me paraît pas du tout évident.

« Quelques exemples suffiront, je pense, pour le prouver.

« Les ressemblances héréditaires ne cessent pas avec la vie. Les décompositions organiques qui se produisent après la mort obéissent à des lois aussi rigoureuses que les manifestations vitales. Les ptomaïnes qui prennent naissance, les gaz qui se dégagent, tous les produits des réactions multiples s'engendrent les uns les autres suivant une succession rigoureuse. On pourrait dire, si l'association de ces mots n'était pas trop choquante, que le cadavre a sa biologie comme le corps vivant. Enfouis dans le même sol, les cadavres du Ver de terre, de l'Insecte, de la Grenouille, du Mammifère ont leurs séries de réactions typiques différentes des unes aux autres, semblables chez ceux de même espèce.

« Mais il y a plus, les différences individuelles ont leur influence sur le phénomène. Ensevelis côte à côte, le phtisique, le typhique, l'individu gras et le maigre, ne donnent pas les mêmes produits et peut-être n'attirent pas les mêmes larves nécrophages.

« Enfin, les ressemblances héréditaires elles-mêmes se continuent après la mort.

« Voici deux individus, l'un est gras et diabétique, l'autre maigre et adonné au tabac et à l'alcool. Leurs cadavres donneront naissance à des produits tout à fait différents. — Leurs fils ont hérité de leurs tempéraments et de leurs tendances psychologiques. Chacun est devenu semblable à son père; l'un s'est adonné à la bonne chère, chargé de tissus adipeux, et il est mort aussi diabétique; l'autre s'est adonné au tabac et à l'alcool et est mort desséché, alcoolique et tabagique. — Ensevelis à côté de leurs parents, ils se décomposeront chacun suivant les formules qui ont consommé le sien.

« Voilà bien de l'hérédité post mortem.

« Dira-t-on que ces réactions chimiques ont été dirigées par une *Force héréditaire* spéciale? Ou ira-t-on chercher dans le Plasma germinatif les Pangènes ou les Déterminants des diverses ptomaïnes et des autres produits de la décomposition cadavérique? Et si ces ptomaïnes ont pu se former sans un Déterminant spécial, pourquoi en faudrait-il un pour la pepsine, la mucine, l'élastine qui se sont formées pendant la vie? Si la composition chimique du corps vivant suffit à

expliquer toutes les particularités de l'évolution destructive du cadavre, pourquoi celle de l'œuf n'expliquerait-elle pas celles de l'évolution constructive de l'ontogénèse? Il n'est besoin, ici pas plus que là, de *Particules représentatives* ni de *Force héréditaire* dirigeant l'évolution.

« Passons à un autre exemple emprunté au règne inorganique mais qui peint ma pensée mieux encore que le précédent.

« Voici un fleuve qui descend de la montagne, alimenté par la fonte du glacier. Il forme une cascade, puis arrive dans la plaine, ici fait tourner la roue d'un moulin, plus loin rencontre une disposition de roches qui détermine un tourbillon permanent, plus loin enfin se perd dans l'Océan.

« Supposons, pour un instant, que ce soient toujours les mêmes masses d'eau qui, depuis des années, avec une régularité ininterrompue, passent, se précipitent à la cascade, font tourner la roue, tourbillonnent entre les roches, puis s'évaporent et forment un nuage que le vent pousse vers la montagne où il se résout en neige, puis en glace qui fond en eau, pour recommencer le même circuit.

« Il y a là une série de phénomènes qui se reproduisent avec la même régularité que ceux de la vie dans la série des générations d'une même espèce animale ou végétale.

« Les théoriciens actuels de l'Hérédité sont comparables à un physicien qui raisonnerait de la manière suivante :

« Cherchons à nous représenter sous quelle forme se trouvent, dans le nuage suspendu dans l'air, l'aptitude de l'eau à couler, à se précipiter en cascade, la propriété de faire tourner une roue et celle de former un tourbillon de force déterminée. Évidemment ces caractères et propriétés doivent être contenus en lui sous une forme latente, puisqu'ils se trouvaient dans l'eau dont il provient, se retrouveront dans l'eau qu'il formera et n'ont pu être transmis que par lui de la première à la seconde.

« Tout caractère ou propriété ayant nécessairement une base physique, nous sommes contraints d'imaginer qu'il doit y avoir dans le nuage des Déterminants représentatifs du tourbillon avec ses caractères constants de forme, de vitesse, etc., ou bien, pour simplifier les choses, on pourrait admettre qu'il possède des Pangènes représentatifs les uns de diverses directions de mouvement, les autres de diverses vitesses; leur combinaison nous permettrait d'expliquer à la fois la cascade, le tourbillon, l'impulsion donnée à la roue du moulin et tous ses autres aspects moins frappants, avec un nombre modéré d'éléments représentatifs.

« La réunion de ces Gemmules ou de ces Pangènes constituera le Plasma germinatif de ce nuage. Il le transmet intact à la neige. Celle-ci fait de même à l'égard de la glace qui enfin le remet à l'eau de la source.

« Ce Plasma germinatif, l'eau elle-même doit le conserver pour le transmettre encore au nuage de la génération suivante, mais il faut aussi qu'elle le dépense pour la manifestation de ses caractères et propriétés : nous admettrons donc que, dans la source, il se divise en deux lots, un qui sera transmis intact au nuage, l'autre qui se dépensera peu à peu, mettant en liberté, ici ses Déterminants de la cascade, là ceux du tourbillon, plus loin ceux de l'impulsion à la roue, etc. Mais le nuage aussi doit avoir son Plasma somatique pour se soutenir en l'air, se

résoudre en neige, etc., nous admettrons donc que le Plasma germinatif contient les Déterminants qui lui sont nécessaires et que ceux-là aussi se doublent au moment voulu pour pouvoir se dépenser sans disparaître. De même pour la neige, de même pour la glace, et nous aurons ainsi expliqué le cycle évolutif complet. »

« Or, qu'y a-t-il de vrai dans tout cela?

« Rien.

« Le Plasma germinatif, c'est simplement H^2O.

« Pourquoi notre physicien a-t-il été amené à imaginer toute cette complication inutile?

« Parce qu'il a cru que tous les phénomènes du cycle étaient déterminés à l'avance dans l'eau, le nuage, la neige ou la glace. Parce qu'il a négligé la considération des conditions ambiantes, la pente du sol, les rochers du lit, la chaleur du soleil, la force du vent, le froid de la montagne, etc. Ainsi fait le naturaliste qui croit que tous les phénomènes de l'évolution ontogénétique et tous les caractères héréditaires sont déterminés complètement dans l'œuf, et cherche sous quelle forme ils peuvent l'être, tandis que l'œuf ne contient en réalité qu'un facteur essentiel de chacun d'eux. Ce facteur, c'est sa composition chimique et l'arrangement de ses parties.

« Si l'on s'en tient aux termes généraux, la ressemblance est exacte entre l'évolution des organismes et le cycle du fleuve ou la trajectoire de l'astre qui nous servait, il y a un moment, de terme de comparaison. Mais dès que l'on entre dans le détail, les différences naturellement sont nombreuses. Il en est une entre autres que nous voulons signaler, bien qu'elle ne soit pas fondamentale et n'intéresse que le degré, parce qu'elle nous aidera à caractériser les véritables causes de l'évolution organique.

« Tout astre de même masse que celui dont nous parlions plus haut, lancé au même point avec la même force, dans la même direction, au milieu du même système d'astrea immobiles, reproduira la même trajectoire. C'est l'Hérédité. Si quelque chose est un peu changé à quelqu'un de ces facteurs, sa trajectoire sera un peu modifiée, mais gardera la même physionomie générale. C'est la Variation. Mais, que le nombre, les masses et les situations des astres immobiles entre lesquels passe l'astre errant soient modifiés d'une manière quelconque, et à un degré quelconque, il n'y en aura pas moins une trajectoire, aussi différente que l'on voudra de la précédente, mais trajectoire normale cependant, au même titre qu'elle.

« L'évolution des organismes ne présente rien d'analogue. C'est là qu'est la différence.

« De même pour les fleuves. Que les étés soient plus ou moins chauds, les hivers plus ou moins rigoureux, que les vents soufflent de l'Orient ou de l'Occident, leur physionomie générale n'en reste pas moins la même. La Loire et le Rhône sont restés la Loire et le Rhône à travers les siècles, malgré leurs crises passagères d'abaissement à l'étiage ou de débordement.

« C'est là encore qu'est la différence.

« L'œuf n'est pas comme l'astre une simple masse pesante, il n'est pas, comme l'eau, réduit à deux espèces d'atomes. Il a une composition physico-chimique

26

extraordinairement délicate et précise à laquelle on ne peut presque rien changer sans le détruire, et à laquelle il faut cependant sans cesse changer quelque chose sous peine de le voir mourir, car l'œuf ne peut pas s'arrêter et attendre quand il a commencé à se développer.

« Il ne peut donc évoluer que s'il est soumis à des soins incessants et exactement appropriés. Ces soins lui sont fournis par les conditions ambiantes.

« Il est donc pris entre ces deux alternatives : rencontrer à chaque instant les conditions qui lui sont précisément nécessaires à ce moment, ou mourir.

« C'est là toute l'explication de l'*Hérédité*.

« Car ces conditions sont précisément celles qu'a rencontrées l'œuf du parent à chaque stade correspondant.

« Il est donc inévitable qu'il suive la même évolution que l'œuf du parent, puisqu'il a la même constitution physico-chimique que lui et rencontre, dans le même ordre, une série de conditions identiques rigoureusement déterminées. Il n'est donc pas nécessaire qu'il contienne en lui tous les facteurs de son évolution. Il suffit qu'il contienne *un* des nombreux facteurs indispensables à la reproduction identique de tous les phénomènes évolutifs, les autres facteurs, non moins indispensables, sont situés en dehors de lui, mais il est sûr de les rencontrer, à point et à temps, sans quoi il meurt et l'évolution n'est pas déviée mais arrêtée (1).

« A l'être inorganique, l'astre ou le fleuve, s'offrent à chaque instant mille voies divergentes qui toutes le conduisent à un but normal pour lui : aussi son évolution n'a-t-elle rien de précis. Devant l'être organisé s'offrent aussi à chaque instant diverses voies, mais toutes le conduisent à une destruction certaine, sauf une, celle qui le mène au but qu'ont atteint ses parents.

« Est-il donc nécessaire d'admettre qu'il connaît sa route, et de s'émerveiller que, lorsqu'il a réussi à suivre une voie jusqu'au but, cette voie l'ait conduit au même but qu'ont atteint ses parents avant lui (2)?

« Examinons en partant de ces données comment peut se faire l'évolution ontogénétique, et comment les particularités héréditaires peuvent se reproduire.

« L'œuf fécondé a des fonctions très simples : il respire, accomplit quelques-unes de ces réactions nutritives qui ne s'interrompent guère chez les êtres vivants, et rien de plus. Sa vie est très courte : presque aussitôt formé, il se divise, et, en se divisant, il disparaît.

« A sa place, se trouvent maintenant deux cellules quelque peu différentes de ce qu'il était. Comme lui, elles ont des fonctions très réduites et une vie très courte, et cèdent la place à quatre cellules différentes encore de celles qui leur ont donné naissance. Celles-ci font de même et la chose se continue ainsi pendant toute la durée de l'ontogénèse qui ne prend pas fin à la naissance mais se continue

(1) Ou si l'on veut elle est lancée par la mort dans une direction radicalement différente ; et il n'y a aucun intermédiaire entre ces deux séries de phénomènes.

(2) Il est vrai que la plupart suivent la bonne route, du moins quand le développement a commencé, car on sait quel nombre immense de produits sexuels sont détruits avant la fécondation.

Mais cela tient seulement à ce que les conditions mêmes le dirigent vers elle. Ce n'est pas lui qui les connaît d'avance. Il y est conduit en aveugle, ou plutôt comme un myope qui ne voit rien de loin, mais peut, à chaque pas, voir dans quelle direction il doit faire le pas suivant.

jusqu'à la mort. A mesure que le développement avance, les cellules deviennent moins transitoires, la durée de leur vie s'allonge, leurs propriétés se compliquent; aux fonctions générales, nutrition, accroissement, division, s'en ajoutent de spéciales, sécrétion, contraction, transformation d'excitations en influx nerveux, transmission de celui-ci, etc., etc. Mais ce qu'il faut bien remarquer, c'est que, malgré la complication croissante, qui arrive à être excessive pour l'ensemble de l'organisme chez les animaux supérieurs, aucune cellule n'a, individuellement, de fonctions excessivement complexes et multiples.

« Chacune tient de sa cellule mère sa constitution physico-chimique et détermine celle de ses cellules filles par la manière dont elle partage ses substances pour les former; mais ces constitutions physico-chimiques, bien qu'elles dérivent les unes des autres, ne sont pas identiques, et les propriétés auxquelles elles servent de base ne le sont pas non plus. La cellule n'a ni les propriétés de sa cellule mère, qui meurent au moment où son protoplasma se dissocie, ni celles de ses cellules filles qui naissent au moment où le leur se constitue. C'est là un point capital, car, si on ne demande compte à chaque cellule que de ses propriétés personnelles et non de celles de sa lignée descendante, il n'est pas besoin de lui attribuer une constitution aussi extraordinairement compliquée que celle qu'ont imaginée Nægeli, Weismann et les autres. Cela devient inutile, car on peut concevoir qu'un appareil physico-chimique relativement simple tel que nous avons décrit la cellule ait la propriété d'exercer certaines fonctions et celle de se diviser d'une manière rigoureusement définie, en ce sens que la position du plan de division et la répartition des substances cellulaires entre les deux cellules filles soient d'une précision absolue; et l'on peut concevoir aussi que les changements résultant dans le protoplasma du fait de sa division hétérogène puissent entraîner les changements de propriétés qui s'observent entre une cellule et ses deux filles.

« C'est l'idée erronée que les propriétés de la cellule fille et, par suite, l'agrégat physico-chimique qui leur sert de base, doivent se trouver tout formés dans la cellule mère, qui a conduit à forger tant d'hypothèses, aussi inutiles qu'invraisemblables, sur la structure de l'Idioplasma.

« Il faut sortir de cette fausse voie et rentrer dans celle que nous indiquent les faits.

« L'œuf est, comme il paraît l'être, une simple cellule de l'organisme, qui n'a que les propriétés très simples qu'il semble avoir : se nourrir et se diviser d'une façon rigoureusement déterminée. C'est compliquer les choses et introduire un élément métaphysique dans ce qui devrait rester positif que de chercher en lui des caractères et propriétés qu'il n'a pas et qui ne se développeront que dans l'organisme futur. »

. . . .

L'ANNÉE BIOLOGIQUE

Comptes Rendus annuels des travaux de Biologie générale

(*En collab. avec un comité de Rédacteurs*).

Nous avons fait connaître dans la première partie de cette notice le but de cette publication et donné quelques indications sur son étendue. Un pareil ouvrage se refuse à toute analyse. Nous nous contenterons ici de reproduire la table des chapitres, qui pourra donner une idée de sa division, la liste des collaborateurs et enfin une liste des articles originaux parus dans les 3 volumes. Car, et ce n'est pas un des points des moins intéressants, nous introduirons chaque année, d'une façon tout à fait irrégulière, un certain nombre de *Revues générales*, où une question importante est mise au point par un rédacteur spécialement compétent, depuis ses origines jusqu'au jour présent.

TABLE DES CHAPITRES

III. **La parthénogénèse.** — α) Prédestination, structure, maturation de l'œuf parthénogénétique. β) Conditions déterminantes du développement parthénogénétique. γ) Alternance de la parthénogénèse et de l'amphimixie. Parthénogénèse exclusive.

IV. **La reproduction asexuelle.** — α) Par division : schizogonie; autotomie reproductrice, disséminatrice, défensive. β) Par bourgeonnement. γ) Par spores.

V. **L'ontogénèse.** — α) Isotropie de l'œuf fécondé. β) Différenciation anatomique; différenciation histologique et processus généraux. γ) Les facteurs de l'ontogenèse; tactismes et tropismes, excitation fonctionnelle, adaptation ontogénétique; biomécanique.

VI. **La tératogénèse.**

a. Généralités; lois et causes de la formation des monstres.

b. Tératogénèse expérimentale :

Soustraction d'une partie du matériel embryogénique : α) à l'œuf entier (ootomie); β) à l'œuf en segmentation ou à l'embryon (blastotomie).

Influence tératogénique : γ) des agents mécaniques et physiques (pression, secousses, traumatismes, température, électricité, etc.); δ) des agents chimiques; ε) des agents biologiques, consanguinité, parasites, etc.

c. Tératogénèse naturelle. — α) Correction des altérations tératologiques par l'organisme. Régulation. β) Polyspermie tératologique. γ) Monstres doubles. Hermaphroditisme tératologique. ε) Cas tératologiques remarquables.

VII. **La régénération.**

VIII. **La greffe.** — α) Action du sujet sur la partie greffée. β) Hybrides de greffe.

IX. **Le sexe et les caractères sexuels secondaires; le polymorphisme ergatogénique.**

X. **Le polymorphisme métagénique, la métamorphose et l'alternance des générations.**

XI. **Les caractères latents.**

XII. **La corrélation.** — α) Corrélation physiologique entre les organes en fonction. β) Corrélation entre les organes dans le développement.

XIII. **La mort. — L'immortalité. — Le plasma germinatif.**

XIV. **Morphologie et physiologie générales.**

1° Morphologie. — α) Symétrie. β) Homologies. γ) Polymérisation. Individualité de l'organisme et de ses parties; colonies. δ) Feuillets.

2° Physiologie.

a. Nutrition. — α) Osmose. β) Respiration. γ) Assimilation et désassimilation. δ) Sécrétions interne et externe, excrétion. ε) Production d'énergie. ζ) Pigments. η) Hibernation, vie latente.

b. Action des agents divers : α) mécaniques (contact, pression, mouvement, etc.); β) physiques (chaleur, lumière, électricité, rayons cathodiques, etc.); γ) chimiques et organiques (substances chimiques, diastases, sérums, sucs d'organes, venins, toxines) agents infectieux. δ) Tactismes et tropismes. ε) Phagocytose.

XV. **L'hérédité.**

a. Transmissibilité des caractères de tout ordre. — α) Hérédité du sexe. β) Hérédité des caractères acquis. γ) Hérédité de caractères divers : cas remarquables.

b. Transmission des caractères. — α) Hérédité dans la reproduction asexuelle, dans la parthénogénèse, dans l'amphimixie. β) Hérédité directe et collatérale. γ) Hérédité dans les unions consanguines. δ) Hérédité dans le croisement; caractères des hybrides. ε) Hérédité ancestrale ou atavisme. ζ) Télégonie. η) Xénie.

XVI. La variation.

a. Variation en général; ses lois.

b. Ses formes : α) Lente, brusque. β) Adaptative. γ) Germinale. δ) Embryonnaire. ε) De l'adulte. ζ) Atavique, régressive. η) Corrélative. θ) Des instincts. ι) Cas remarquables de variation.

c. Ses causes : α) Spontanée ou de cause interne, irrégulière ou dirigée. Variation parallèle. Orthogénèse. β) Symbiose, Commensalisme, parasitisme. γ) Influence du milieu et du régime : accoutumance; acclimatement. δ) Mode de reproduction (reproduction asexuelle, consanguinité, croisement).

d. Ses résultats : α) Polymorphisme œcogénique. β) *Dichogénie.*

XVII. L'origine des espèces.

a. Fixation des diverses sortes de variation. Formation de nouvelles espèces. α) Divergence. β) Convergence. γ) Adaptation phylogénétique.

b. Facteurs : α) Sélections artificielle; naturelle (concurrence vitale); germinale; sexuelle; des tendances, etc. β) Ségrégation; panmixie.

c. Mimétisme.

d. Phylogénie.

XVIII. La distribution géographique des êtres.

XIX. Système nerveux et fonctions mentales.

1. STRUCTURE ET FONCTIONS DE LA CELLULE NERVEUSE, DES CENTRES NERVEUX ET DES ORGANES DES SENS.

a. Cellule nerveuse. — α) Structure. β) Physiologie, pathologie.

b. Centres nerveux et nerfs. — α) Structure. β) Physiologie; localisations cérébrales.

c. Organes de sens. — α) Structure. β) Physiologie.

2. PROCESSUS PSYCHIQUES.

a. Sensations. — α) Leurs caractères; leurs actions réciproques. β) Leur mesure. γ) Leurs aberrations (illusions). δ) Leur mode de formation.

b. Émotions. — α) Leurs caractères. β) Leur origine. γ) Leur expression.

c. Actes intellectuels. — α) Réflexes. β) Instincts, impulsions, criminalité. γ) Intelligence et ses manifestations (perception, attention, mémoire, jugements, volonté, etc.). δ) Le caractère. ε) Le sommeil et les rêves. ζ) Suggestion; hypnose, somnambulisme. η) Formation des idées. θ) Psychogénèse.

d. Relation des fonctions nerveuses et mentales entre elles et avec les autres phénomènes biologiques.

XX. Théories générales. — Généralités.

LISTE DES COLLABORATEURS

BATAILLON. — *Maître de conférences de Zoologie à la Faculté des Sciences de l'Université*, Dijon.

BAUDOIN (Dr MARCEL). — *Ancien Interne des Hôpitaux*, Paris.

BEAUREGARD (Dr HENRI). — *Professeur à l'École de Pharmacie*, Paris.

BEDOT (D^r^). — *Directeur du Musée d'Histoire naturelle*, Genève.

BÉRANECK. — *Professeur à l'Académie.* Neuchatel.
BERTRAND (G.). — *Chef de service à l'Institut Pasteur.* Paris.
BINET (A.). — *Directeur du Laboratoire de psychologie physiologique à la Sorbonne.* Paris.
BOUIN (M.). — *Préparateur à la Faculté des Sciences.* Nancy.
BOUIN (P.). — *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.* Nancy.
BOULART. — *Préparateur au Muséum.* Paris.
BOURQUELOT (E.). — *Membre de l'Académie de Médecine. Professeur à l'École de Pharmacie.* Paris.
BULLOT. — *Docteur en Médecine.* Bruxelles.
CANTACUZÈNE (Dr Jean). — *Attaché à l'Institut Pasteur.* Paris.
CHABRIÉ (Dr). — *Sous-directeur des travaux de chimie appliquée à la Faculté des Sciences de l'Université.* Paris.
CHARRIN (Dr A.). — *Professeur remplaçant au Collège de France.* Paris.
COUTAGNE (G.). — *Ingénieur au corps des Poudres et Salpêtres. Licencié ès sciences naturelles.* Lyon.
CUÉNOT (L.). — *Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université.* Nancy.
DANIEL. — *Docteur ès sciences. Professeur au lycée.* Rennes.
DANILEVSKY. — *Professeur à l'Académie impériale de Médecine.* Saint-Pétersbourg.
DANTAN. — *Professeur de Zoologie à la faculté des Sciences.* Lille.
DAVENPORT (C.-B.). — *Instructor in Zoology. Museum of Comparative Zoology, Harvard College.* Cambridge (États-Unis).
DEFRANCE (Dr L.). — *Agrégé ès sciences naturelles. Professeur au Lycée Voltaire.* Paris.
DELAGE (Marcel). — *Licencié ès sciences. Préparateur à l'École de Pharmacie.* Paris.
DEMOOR (Dr J.). — *Assistant à l'Institut de Physiologie.* Bruxelles.
DENIKER (J.). — *Docteur ès sciences, Bibliothécaire du Muséum.* Paris.
DURAND DE GROS (I. P.). — Arsac (près Rodez).
EMERY (Carlo). — *Professeur à l'Université.* Bologne.
EWART (A. J.). — *Professeur de Botanique.* Oxford.
FLORENTIN (R.). — *Préparateur à la Faculté des Sciences de l'Université.* Nancy.
GEORGEWITCH (J.). — *Professeur à l'Université.* Belgrade.
GLEY (Dr). — *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.* Paris.
GOLDSMITH (Mlle Marie). — *Licencié ès sciences.* Paris.
GUIGNARD (L.). — *Membre de l'Institut. Professeur à l'École de Pharmacie.* Paris.
HECHT (Dr E.). — *Docteur ès sciences. Chef des travaux de Zoologie à la Faculté des Sciences de l'Université.* Nancy.
HENNEGUY (F.-L.). — *Professeur au Collège de France.* Paris.
HENRI (V.). — *Docteur en philosophie.* Paris.
HÉROUARD (E.). — *Docteur ès sciences. Maître de conférences de Zoologie à la Faculté des Sciences de l'Université.* Paris.
JACCARD (Dr Paul). — *Professeur agrégé à l'Université.* Lausanne.
JACQUES (Dr P.). — *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.* Nancy.

JOYEUX-LAFFUIE (Dr J.). — *Professeur agrégé à la Faculté des Sciences.* Caen.
LABBÉ (A.). — *Docteur ès sciences. Préparateur à la Sorbonne.* Paris.
LAGUESSE (Dr E.). — *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de l'Université.* Lille.
MALAQUIN (A.-G.). — *Docteur ès sciences. Préparateur à la Faculté des Sciences.* Lille.
MALLÈVRE (A.). — *Professeur de Zootechnie à l'Institut national agronomique.* Paris.
MANN (G.). — *Demonstrator of Physiology at the Physiological Laboratory of the University.* Oxford.
MARCHAL (Dr P.). — *Docteur ès sciences. Chargé de cours à l'Institut national agronomique.* Paris.
MARILLIER (L.). — *Maître de Conférences à l'École des Hautes-Études.* Paris.
MASSART (J.). — *Professeur de Botanique à l'Université libre.* Bruxelles.
MENDELSSOHN (M.). — *Professeur agrégé à l'Université.* Saint-Pétersbourg.
MÉNÉGAUX. — *Docteur ès sciences. Agrégé ès sciences naturelles. Professeur au Lycée Lakanal.* Bourg-la-Reine.
METCHNIKOV (E.). — *Chef de service à l'Institut Pasteur.* Paris.
NEUVILLE. — *Préparateur au Muséum.* Paris.
PERGENS (Dr). — *Docteur en Médecine, adjoint à l'Institut ophtalmologique de Brabant.* Bruxelles.
PETTIT (A.). — *Docteur en Médecine. Docteur ès sciences.* Paris.
PHILIBERT (A.). — *Licencié ès sciences naturelles.* Paris.
PHISALIX (Dr). — *Docteur ès sciences. Assistant au Muséum.* Paris.
PORTIER (Dr P.). — *Préparateur à la Faculté des Sciences de l'Université.* Paris.
PRENANT (A.). — *Professeur d'histologie à la Faculté de Médecine de l'Université.* Nancy.
PRUVOT (G.). — *Professeur à l'Université de Grenoble. Sous-directeur chef des travaux des laboratoires de Zoologie pratique et appliquée à la Faculté des Sciences de l'Université.* Paris.
RACOVITZA (E.-G.). — *Docteur ès sciences. Membre de l'expédition antarctique belge.* Paris.
RADAIS (M.). — *Professeur agrégé à l'École de Pharmacie.* Paris.
REGNAULT (Dr Félix). — *Ancien interne des Hôpitaux.* Paris.
SAINT-REMY (G.). — *Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université.* Nancy.
SAUVAGEAU (C.). — *Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de l'Université.* Dijon.
SIMON (Dr Charles). — *Professeur à l'École de Médecine.* Reims.
SZCZAWINSKA (Mlle W.). — *Docteur ès sciences.* Paris.
TERRE. — *Préparateur à la Faculté des Sciences de l'Université.* Dijon.
THOMSON (J. A.). — *Lecturer on Zoology in the School of Medicine.* Edimbourg.
VARIGNY (Henri de). — *Docteur ès sciences. Préparateur au Muséum.* Paris.
VASCHIDE (N.). — *Attaché au laboratoire de Psychologie physiologique de la Sorbonne.* Paris.

VIGNON (A.). — *Licencié ès sciences, préparateur à la Faculté des sciences.* Paris.
VUILLEMIN (Dr P.). — *Professeur à la Faculté de Médecine de l'Université.* Nancy.
WAUTHY (Georges). — *Préparateur d'Embryologie à l'Université.* Bruxelles.
WINDLE (B.). — *Professor queens faculty of Medicine, Mason College.* Birmingham.

LISTE DES REVUES GÉNÉRALES PARUES

1. Influence du sujet sur le Greffon, par le Dr Daniel (12 pag.).
2. Exposé des données expérimentales sur les corrélations fonctionnelles chez les animaux, par le Dr E. Gley (18 pag.).
3. Du polyzoïsme et de l'unité organologique intégrante chez les vertébrés, par Durand de Gros (5 pag.).
4. Les défenses de l'organisme en présence des virus, par le Dr Charrin (33 pag.).
5. Les ferments solubles, par le Dr Bourquelot (7 pag.).
6. Étude comparée de toxines microbiennes et de virus, par le Dr Phisalix (11 pag.).
7. Conception moderne de la structure du système nerveux, par Mlle W. Szczawinska (24 pag., 9 fig.).
8. La psychologie moderne et ses récents progrès, par le Dr A. Binet (28 pag.).
9. La phagocytose dans le règne animal, par le Dr Cantacuzène, avec une préface d'E. Metchnikov (43 pag.).
10. Conditions générales de la vie dans les mers et principes de la distribution des organismes marins, par le Dr G. Pruvot (29 pag., 4 fig. ou cartes).
11. Un précurseur. Les cellules factices d'Ascherson, par le Dr A. Labbé (4 pag.).
12. La réduction chromatique, par le profr Guignard (21 pag., 5 fig.).
13. La dégénérescence sénile, par le Dr E. Metchnikov (17 pag.).
14. Les canalicules urinaires chez les Vertébrés, par A. Vignon (55 pag., 18 fig.).
15. Les conditions d'existence et les divisions bionomiques des eaux douces, par le Dr G. Pruvot (28 pag., 4 fig.).

X

OUVRAGES DIDACTIQUES

Conférences faites à la Sorbonne en 1881-1882, rédigées par un groupe d'élèves.

Ces conférences ont été rédigées d'après les notes prises à mes leçons par un groupe d'élèves. Le programme du semestre, les Vertébrés, y est traité en entier; la partie relative aux Poissons y est surtout développée. Les dessins schématiques faits au tableau y sont reproduits ainsi que la copie de certaines préparations intéressantes.

Traité de zoologie concrète.

(En collab. avec le Dr E. Hérouard, maître de conférences à la Sorbonne).

J'ai dans la 1re partie de cette notice (voy. p. 48 et suiv.) fait connaître, par des extraits de la préface, le but et le plan de cet ouvrage et cité quelques chiffres qui pourront donner une idée de l'importance de cette publication, 1 600 pages, près de 2 000 figures, 125 planches coloriées, 170 types morphologiques décrits et figurés, près de 4 000 genres, la plupart accompagnés au moins d'une diagnose, souvent d'une description plus ou moins étendue. Il ne comprendra pas moins d'une quinzaine de volumes. Il a paru jusqu'ici un volume par an et le 5e, sous presse, paraîtra cette année.

Je ne puis vraiment faire autre chose ici, pour en donner une idée, que de reproduire la table des volumes parus.

VOLUME I

LA CELLULE ET LES PROTOZOAIRES

1re PARTIE. — LA CELLULE

2e PARTIE. — LES PROTOZOAIRES

1re Sous-Classe. — **Protéomyxés**	***Proteomyxiæ.***
1er Ordre. — Acystosporés.	*Acystosporida.*
Type morphologique.	
Genres.	
2e Ordre. — Azoosporés.	*Azoosporida.*
Type morphologique.	
Genres.	
3e Ordre. — Zoosporés.	*Zoosporida.*
Type morphologique.	
Genres.	
2e Sous-Classe. — **Mycétozoaires.**	***Mycetozoariæ.***
1er Ordre. — Pseudoplasmodiés.	*Pseudoplasmodida.*
Type morphologique.	
Genres.	
2e Ordre. — Filoplasmodiés ou Labyrinthulés.	*Filoplasmodida vel Labyrinthulida.*
Type morphologique.	
Genres.	
3e Ordre. — Euplasmodiés.	*Euplasmodida* (Myxomycètes).
Type morphologique.	
Genres.	
3e Sous-Classe. — **Amœbiens.**	***Amœbiæ.***
1er Ordre. — Gymnamœbiens.	*Gymnamœbida.*
Type morphologique.	
Structure.	
Physiologie.	
Genres.	
2e Ordre. — Thécamœbiens.	*Thecamœbida.*
Type morphologique.	
Genres.	
4e Sous-Classe. — **Foraminifères.**	***Foraminiferiæ.***
1er Ordre. — Imperforés.	*Imperforida.*
Type morphologique.	
1er Sous-Ordre. — Gromidés	*Gromidæ.*
Type morphologique.	
Genres.	
2e Sous-Ordre. — Miliolidés.	*Miliolidæ.*
Type morphologique.	
Genres.	
3e Sous-Ordre. — Arénacidés.	*Arenacidæ.*
Type morphologique.	
1re Tribu. — Astrorhizines.	*Astrorhizina.*
2e Tribu. — Lituolines.	*Lituolina.*
2e Ordre. — Perforés.	*Perforida.*
Type morphologique.	
1er Sous-Ordre. — Lagénidés.	*Lagenidæ.*
Type morphologique.	
Genres.	
2e Sous-Ordre. — Chilostomellidés.	*Chilostomellidæ.*
Type morphologique.	
Genres.	
3e Sous-Ordre. — Textularidés.	*Textularidæ.*
Type morphologique.	
Genres.	
4e Sous-Ordre. — Globigérinidés.	*Globigerinidæ.*
Type morphologique.	
Genres.	

5e Sous-Ordre. — Rotalidés. *Rotalidæ.*
Type morphologique.
Genres.
6e Sous-Ordre. — Nummulitidés. *Nummulitidæ.*
Type morphologique.
Genres.

Appendice aux Foraminifères.
Stromatoporiens. *Stromatoporea.*
Réceptaculiens. *Receptaculea.*
Testamœbiformiens. *Testamœbiformea.*
Eozoon.

5e Sous-Classe. — **Héliozoaires.** ***Heliozoariæ.***
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
1er Ordre. — Aphrothoracides. *Aphrotoracida.*
2e Ordre. — Chlamydophorides. *Chlamydophorida.*
3e Ordre. — Chalarothoracides. *Chalarothoracida.*
4e Ordre. — Desmothoracides. *Desmothoracida.*

6e Sous-Classe. — **Radiolaires.** ***Radiolariæ.***
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
Squelette.
1er Ordre. — Péripylaires. *Peripylida.*
1er Groupe. — Monocyttaires. *Monocyttarea.*
Type morphologique.
1er Sous-Ordre. — Thalassicollidés. *Thalassicollidæ.*
Type morphologique.
Genres.
2e Sous-Ordre. — Thalassosphérides. *Thalassosphæridæ.*
Type morphologique.
Genres.
3 Sous-Ordre. — Sphéroïdés. *Sphæroidæ.*
Type morphologique.
Genres.
4e Sous-Ordre. — Prunoïdés. *Prunoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
5e Sous-Ordre. — Discoïdés. *Discoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
6e Sous-Ordre. — Larcoïdés. *Larcoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
2e Groupe. — Polycyttaires. *Polycyttarea.*
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
Évolution.
1er Sous-Ordre. — Collozoïdés. *Collozoidæ.*
2e Sous-Classe. — Sphérozoïdés. *Sphærozoidæ.*
3e Sous-Classe. — Collosphéridés. *Collosphæridæ.*
2e Ordre. — Actipylaires. *Actipylida*
ou *vel*
Acantharés. *Acantharida.*
Type morphologique.

1er Sous-Ordre. — Acanthonidés. *Acanthonidæ.*
Type morphologique.
Genres.
2e Sous-Ordre. — Sphérophractidés. *Sphærophractidæ.*
Type morphologique.
Genres.
3e Sous-Ordre. — Prunophractidés. *Prunophractidæ.*
Type morphologique.
Genres.
4e Sous-Ordre. — Actinélidés. *Actinelidæ.*
Type morphologique.
Genres.
3e Ordre. — Monopylaires. *Monopylida.*
Type morphologique.
1er Sous-Ordre. — Nassoïdés. *Nassoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
2e Sous-Ordre. — Plectoïdés. *Plectoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
3e Sous-Ordre. — Stéphoïdés. *Stephoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
4e Sous-Ordre. — Cyrtoïdés. *Cyrtoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
5e Sous-Ordre. — Spyroïdés. *Spyroidæ.*
Type morphologique.
Genres.
6e Sous-Ordre. — Botryoïdés. *Botryoidæ.*
Type morphologique.
Genres.
4e Ordre. — Phæodariés ou Cannopylaires. *Phæodarida vel Cannopylida.*
Type morphologique.
1er Sous-Ordre. — Phæocystidés. *Phæocystidæ.*
Type morphologique.
Genres.
2e Sous-Ordre. — Phæosphéridés. *Phæosphæridæ.*
Type morphologique.
Genres.
3e Sous-Ordre. — Phæogromidés. *Phæogromidæ.*
Type morphologique.
Genres.
4e Sous-Ordre. — Phæoconchidés. *Phæoconchidæ.*
Type morphologique.
Genres.
Appendice aux Rhizopodes.
Taxopodes. *Taxopodea.*

2e Classe. — **SPOROZOAIRES.** ***SPOROZOARIA.***
Type morphologique.
1re Sous-Classe. — **Rhabdogéniens.** ***Rhabdogeniæ.***
Type morphologique.
1er Ordre. — Brachycystidés. *Brachycystida.*
Type morphologique.
1er Sous-Ordre. — Grégarinidés. *Gregarinidæ.*
Type morphologique.

3e Sous-Classe. — **Dinoflagellés.** ***Dinoflagelliæ.***
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
1er Ordre. — Adinides. *Adinida.*
Type morphologique.
Genres.
2e Ordre. — Diniférides. *Diniferida.*
Type morphologique.
Genres.
3e Ordre. — Polydinides. *Polydinida.*
Appendice.
Erythropsis.
4e Sous-Classe. — **Cystoflagellés.** **Cystoflagelliæ.**
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
Genres.
5e Sous-Classe. — **Catallactes.** ***Catallactiæ.***
Appendice aux Flagellés (*Maupasia*).
4e Classe. — **INFUSOIRES.** ***INFUSORIA.***
1re Sous-Classe. — **Ciliés.** ***Ciliæ.***
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
1er Ordre. — Holotrichides. *Holotrichida.*
Type morphologique.
Genres.
1er Sous-Ordre. — Gymnostomidés. *Gymnostomidæ.*
2e Sous-Ordre. — Hyménostomidés. *Hymenostomidæ.*
Type morphologique.
Genres.
2e Ordre. — Hétérotrichides. *Heterotrichida.*
Type morphologique.
1er Sous-Ordre. — Polytrichidés. *Polytrichidæ.*
Type morphologique.
Genres.
2e Sous-Ordre. — Oligotrichidés. *Oligotrichidæ.*
Type morphologique.
Genres.
3e Ordre. — Hypotrichides. *Hypotrichida.*
Type morphologique.
Genres.
4e Ordre. — Péritrichides. *Peritrichida.*
1er Sous-Ordre. — Scaiotrichidés ou Péritrichidés sénestres. *Scaiotrichidæ.*
2e Sous-Ordre. — Dexiotrichidés ou Péritrichidés dextres. *Dexiotrichidæ.*
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
Genres.
2e Sous-Classe. — **Tentaculifères** ou **Suceurs.** ***Tentaculiferiæ*** *vel* ***Suctoriæ.***
Type morphologique.
Structure.
Physiologie.
Genres.

LES PROTOZOAIRES CONSIDÉRÉS DANS LEUR ENSEMBLE.

I. — Caractères distinctifs des animaux et des plantes.
II. — Caractères généraux des Protozoaires,
III. — Tableaux synoptiques de la classification des Protozoaires.

VOLUME II, 1re PARTIE

MÉSOZOAIRES ET SPONGIAIRES

1er EMBRANCHEMENT

MÉSOZOAIRES

1re Classe. — **MÉSOCÉLIENS.** ***MESOCŒLIA.***
Salinella.
Affinités et considérations générales.

2e Classe. — **MÉSENCHYMIENS.** ***MESENCHYMIA.***
1. *Treptoplax.*
2. *Trichoplax.*
Affinités des *Mesenchymia*.

3e Classe. — **MÉSOGONIENS.** ***MESOGONIA.***
1re Sous-Classe. — **Dicyémiés.** ***Dicyemiæ.***
Anatomie.
Femelle.
Forme nématogène ou femelle gynogène.
Forme rhombogène ou femelle androgène.
Mâle.
Physiologie.
Reproduction et développement.
Cycle évolutif. Signification des différentes formes.
1er Ordre. — Dicyémides. *Dicyemida.*
Type morphologique.
Genres.
2e Ordre. — Hétérocyémides. *Heterocyemida.*
Type morphologique.
Genres.
2e Sous-Classe. — **Orthonectiés.** ***Orthonexiæ.***
Type morphologique.
Genres.
Affinités des Mesogonia.

4e Classe. — **MÉSOGASTRIENS.** ***MESOGASTRIA.***
Pemmatodiscus.

APPENDICE. — I. Les Gastréades agglutinantes (*Physemaria, Cementaria*).
II. Les Urnes et les Coupes ciliées des Siponculides (*Pompholyxia, Kunstleria*).
III. Le *Siedleckia nematoides*.

LES MÉSOZOAIRES CONSIDÉRÉS DANS LEUR ENSEMBLE.

2e EMBRANCHEMENT

SPONGIAIRES

Type morphologique.
Anatomie.
Parties molles.
Spicules.

VOLUME V

LES VERMIDIENS

1re Classe. — **GÉPHIRIENS.** — ***GEPHYRIÆ.***
Type morphologique.
1er Ordre. — Priapulides. — *Priapulida.*
Type morphologique.
Genres.
2e Ordre. — Siponculides. — *Sipunculida.*
Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Développement.
Genres.
3e Ordre. — Échiurides. — *Echiurida.*
Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Développement.
Genres.
2e Classe. — **BRYOZOAIRES.** — ***BRYOZOARIA.***
Type morphologique.
1re Sous-Classe. — **Ectoproctiés.** — ***Ectoproctiæ.***
Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Développement.
1er Ordre. — Gymnolémides. — *Gymnolæmida.*
Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
1er Sous-Ordre. — Cyclostomidés. — *Cyclostomidæ.*
Type morphologique.
Anatomie. — Physiologie.
Développement.
Genres.
2e Sous-Ordre. — Cténostomidés. — *Ctenostomidæ.*
Type morphologique.
1re Tribu. — Alcyonellines. — *Alcyonellina.*
Type morphologique.
Genres.
2e Tribu. — Stoloniferines. — *Stoloniferina.*
Type morphologique.
Genres.
3e Sous-Ordre. — Chilostomidés. — *Chilostomidæ.*
1re Tribu. — Cellularines. — *Cellularina.*
Genres.
2e Tribu. — Flustrines. — *Flustrina.*
Genres.
Genres *incertæ sedis.*
2e Ordre. — Phylactolémides. — *Phylactolæmida.*
Anatomie.
Physiologie.
Genres.
2e Sous-Classe. — **Endoproctiés.** — ***Endoproctiæ.***
Type morphologique.

7e Classe. — **BRACHIOPODES.** **BRACHIOPODA.**

Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Développement.

Affinités.

1er Ordre. — Testicardides. *Testicardida.*

Type morphologique.
Genres.

2e Ordre. — Écardides. *Ecardida.*

Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Développement.
Genres.

LES VERMIDIENS CONSIDÉRÉS DANS LEUR ENSEMBLE.

I. — Caractères distinctifs des Vermidiens.
II. — Variation des caractères dans les sept classes des Vermidiens.
III. — Tableaux synoptiques de la classification des Vermidiens.

VOLUME VIII

LES PROCORDÉS

1re Classe. — **HÉMICORDES.** **HEMICHORDIA.**

Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Développement.
Genres.

2e Classe. — **CÉPHALOCORDES.** **CEPHALOCHORDIA.**

Anatomie.
Physiologie.
Développement.
Genres.

3e Classe. — **UROCORDES.** **UROCHORDIA.**

Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Bourgeonnement.
Développement.

1re Sous-Classe. — **Appendiculaires.** ***Appendiculariæ.***

Type morphologique.
Anatomie.
Physiologie.
Développement.

1er Ordre. — Endostylophorides. *Endostylophorida.*

Type morphologique.
Genres.

2e Ordre. — Polystylophorides. *Polystylophorida.*

Genre.

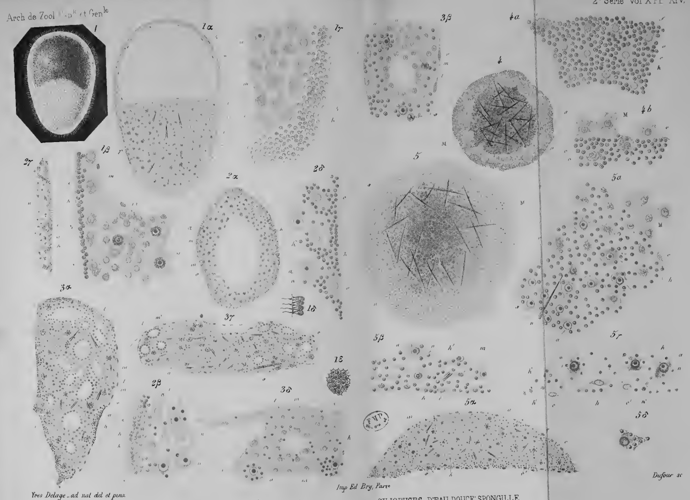
1re Tribu — Stylines. *Styelina.*
Type morphologique.
Genres.
2e Tribu. — Cynthines. *Cynthina.*
Type morphologique.
Genres.
3e Sous-Ordre. — Molgulidés. *Molgulidæ.*
Type morphologique.
Genres.

LES PROCORDÉS CONSIDÉRÉS DANS LEUR ENSEMBLE.

I. — Caractères et affinités réciproques des Procordés.
II. — Balanoglossus et Annélides.
III. — Balanoglossus et Échinodermes.
IV. — Balanoglossus et Axobranches.
V. — Balanoglossus et Amphioxus.
VI. — Amphioxus et Tuniciers.
VII. — Amphioxus et Annélides.
VIII. — Amphioxus et Vertébrés.
IX. — Origine des Vertébrés.
X. — Conclusion.
XI. — Tableaux synoptiques de la Classification des Procordés.

Il ne saurait venir à l'idée de faire reproduire des planches pour les joindre à une notice, mais il s'est trouvé que l'éditeur des Archives de zoologie *possédait un certain nombre de planches inutilisées de divers Mémoires parus dans ce périodique. Il en a été joint quelques-unes aux exemplaires de cette notice pour donner une idée de l'illustration de deux des travaux qui y sont analysés, celui sur la* Circulation des Édriophthalmes *et celui sur l'*Embryogénie des Éponges.

Typographie Firmin-Didot et Cie. — Mesnil (Eure).



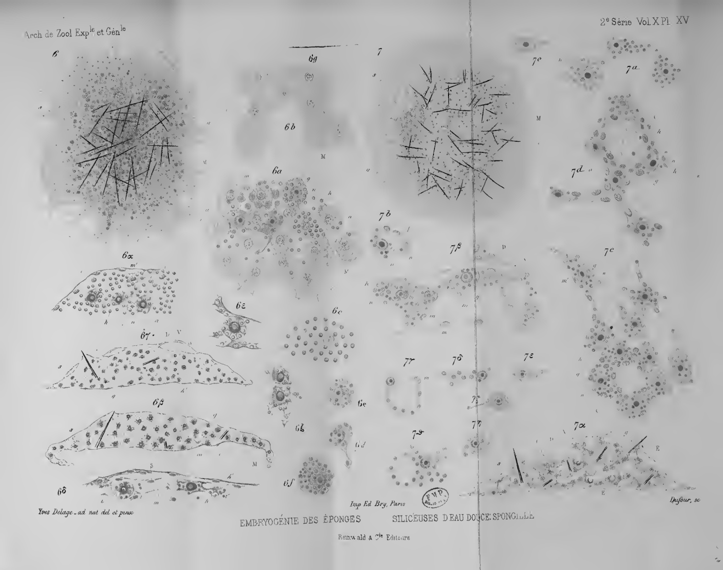
Yves Delage ad nat del et pinx

Imp Ed Bry, Paris

Dufour sc

EMBRYOGÉNIE DES ÉPONGES SILICEUSES D'EAU DOUCE: SPONGILLE

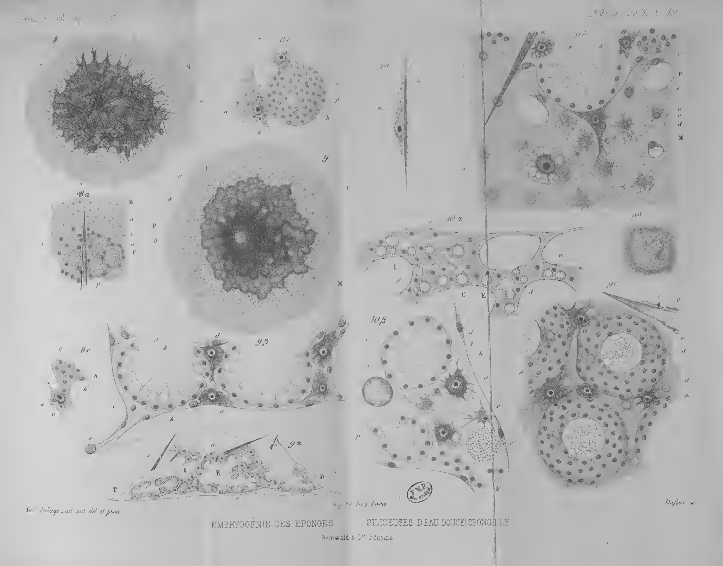
Reinwald & Cie Editeurs



Yves Delage ad nat del et pinx
Imp Ed Bry, Paris
Dufour, sc

EMBRYOGÉNIE DES ÉPONGES SILICEUSES D'EAU DOUCE: SPONGILLE

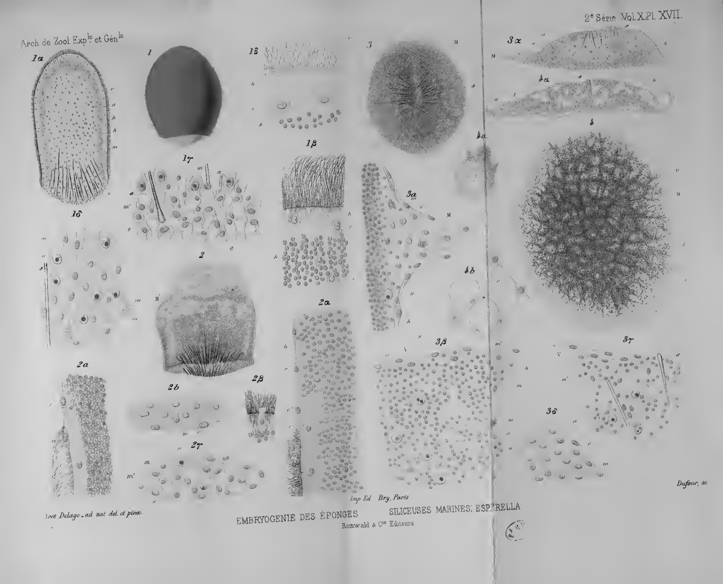
Reinwald & Cie Editeurs



Yv. Delage ad nat del et pinx Imp. Ed. Imp. Paris Dufour sc

EMBRYOGÉNIE DES EPONGES SILICEUSES D'EAU DOUCE (SPONGILLE)

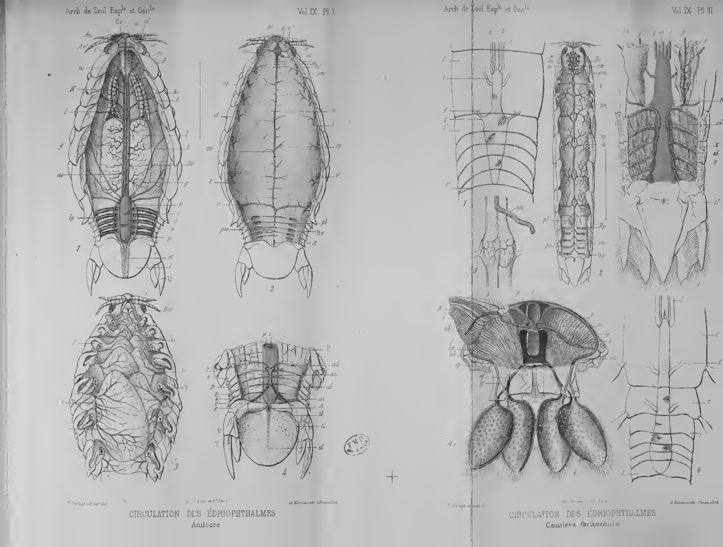
Reinwald & Cie Editeurs

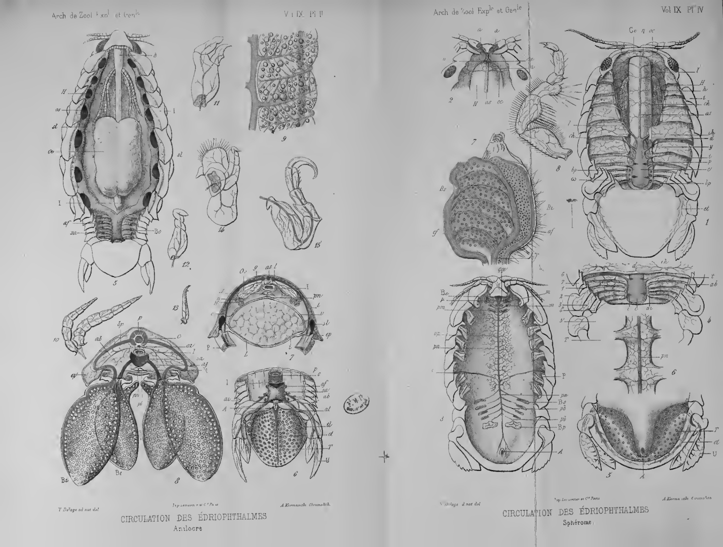


Yves Delage ad nat del. et pinx.   Imp Ed Bry, Paris   Dufour, sc

EMBRYOGENIE DES ÉPONGES SILICEUSES MARINES: ESPERELLA

Reinwald & Cⁱᵉ Editeurs


Arch de Zool Exp[le] et Gén[le]
Vol IX Pl I
CIRCULATION DES ÉDRIOPHTHALMES
Anilocre
Arch de Zool Exp[le] et Gén[le]
Vol IX Pl III
CIRCULATION DES ÉDRIOPHTHALMES
Conilera Paranthura

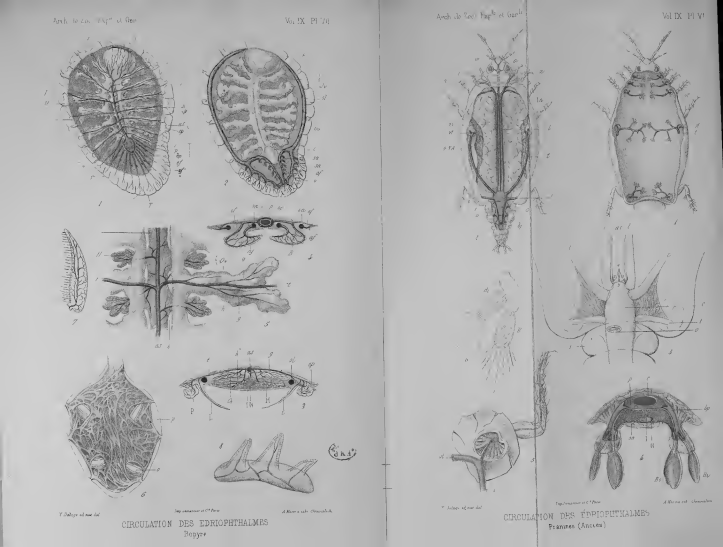


Y Delage ad nat del — Imp Lemercier et C[ie] Paris — A Karmanski Chromolith.

CIRCULATION DES ÉDRIOPHTHALMES
Anilocre

Y Delage ad nat del — Imp Lemercier et C[ie] Paris — A Karmanski Chromolith.

CIRCULATION DES ÉDRIOPHTHALMES
Sphérome



Arch. de Zool. Exp.le et Gen.le
Vol. IX. Pl. VII
Y. Delage ad nat. del.
Imp. Lemercier et Cie Paris
A. Karmanski Chromolith.
CIRCULATION DES EDRIOPHTHALMES
Bopyre
Arch. de Zool. Exp.le et Gen.le
Vol. IX. Pl. VI
Y. Delage ad nat. del.
Imp. Lemercier et Cie Paris
A. Karmanski Chromolith.
CIRCULATION DES ÉDRIOPHTHALMES
Pranizes (Ancées)